中華農業研究

第三十三卷　　第　四　期

目　次

疊氮化鈉對水稻臺農67號之誘變效應……陳治官　黃真生…345

水稻不同次位分櫱、穗位及枝梗間花葯培養癒傷組織之形成……陳駿季　蔡新聲…354

不同粒重水稻品種之農藝與生理性狀比較……魏夢麗　劉大江…363

甜高粱品種秋植與宿根生育特性比較……邱善美　胡敏夫…372

大豆植株營養要素之累積與分佈　Ⅱ. 全生育期磷、鉀與鎂之濃度變化……王強生　魏夢麗　劉大江…377

二氧化硫對作物細胞構造之影響……陳美華…387

臺灣豌豆根腐及萎凋病（英文）……林益昇　沈懷德　汪碧涵…395

草莓葉蟎生物防治（1）……羅幹成　曾信光　何琦琛…406

Thiazoles—適用於防治抗藥性小菜蛾之新殺蟲劑（英文）……鄭　允　高靜華　周桃美…418

小菜蛾生活史觀察……呂鳳鳴　李錫山…424

稻穀貯藏害蟲發生來源調查……林　欉　李錦霞…431

臺灣蚜繭蜂科（膜翅目）屬之系統……周樑鎰…437

中華民國七十三年十二月

臺灣省農業試驗所出版

中華民國 臺灣省 臺中縣 霧峯鄉

中華農業研究

第三十三卷　　第四期

中華民國七十三年十二月出版

發行人：萬　雄

總編輯：廖慶樑

編輯委員：李　良　沈再發　邱瑞珍　林益昇
林家棻　林學正　連　深　陳敏祥
黃眞生　蔡新聲　鄭　允　劉　清
劉大江　顏欽崇　羅幹成

出版者：臺灣省農業試驗所

臺中縣霧峰鄉萬豐村中正路189號

印刷者：臺灣省政府印刷廠

臺中縣大里鄉中興路一段288號

JOURNAL OF

AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER :

Director, Hsiung Wan

EDITOR IN CHIEF :

Ching-liang Liaw

EDITORS :

M. S. Chen (Cytology)
E. Y. Cheng (Entomology)
S. C. Chiu (Biological Control)
C. S. Huang (Crop Breeding)
L. Li (Crop Breeding)
S. Lian (Plant Nutrition)
C. F. Lin (Soils)
S. C. Lin (Horticulture)
Y. S. Lin (Plant Pathology)
C. Liu (Statistics)
D. J. Liu (Crop Physiology)
K. C. Lo (Entomology)
T. F. Shen (Vegetable Crop)
H. S. Tsai (Tissue Culture)
C. C. Yen (Agricultural Machinery)

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 33(4)：345～353 (1984)

疊氮化鈉對水稻臺農67號之誘變效應[1]

陳治官　黃眞生[2]

摘要：在 pH 3 的磷酸緩衝溶液中，以3及6小時二種處理時間和 0.0、1.0、1.5 及 2.0 mM四種濃度，探討疊氮化鈉對臺農67號的種根長、萌芽出土率、幼苗高、結實率和存活率等之影響。結果處理時間對幼苗高之效果無顯著差異外，其餘性狀皆與處理時間和濃度呈顯著的負相關，其中種根長和存活率對處理濃度呈現二次曲線廻歸關係，餘三種反應對處理濃度呈直線迴歸關係。五種反應中，種根長和結實率之相關最高。本試驗結論建議：疊氮化鈉處理時間不宜太長，種根長和結實率可作爲實用處理時間的指標。

本省水稻誘變育種工作，除放射線誘變劑外，多數是以乙基甲磺酸鹽 (Ethyl Methanesulfonate, EMS) 的化學藥劑爲誘變劑 (3,4,6,7,24,35,36)，其它用於水稻的化學誘變劑有雙乙基酸鹽 (Diethyl Sulphat, DES)、異丙基甲磺酸鹽 (Isopropyl Methanesulfonate, IPMS)、甲基甲磺酸鹽 (Methyl Methanesulfonafe, MMS)。EMS是烷化劑中最有效的誘變劑之一，具致癌潛力，與水反應水解產生之化合物無誘變作用，但可能具有毒性，水解速度半衰期於20°C時須93小時，30°C時須26小時，是種相當危險的藥劑，使用及使用後的處理必須很小心 (19)。基於安全的考慮，尋找一種無後續力、使用量少而誘變效率高的誘變劑是誘變育種工作人員所企求的。疊氮化物 (azide) 是一種接近上述條件且價格便宜的化合物；在某些處理條件下，能誘發極高的突變率 (22)，大部分是基因突變，染色體異常極少 (22,30)，但對細菌或植物之營養組織的誘變效率則較低 (5,12,22)；疊氮化合物誘發植物突變的作用機制尙不淸楚。在 pH 值3，致死劑量下，大麥胚中發現有 DNA 單股斷裂；但在次致死劑量下染色體可見的變異很少 (32)。疊氮化物處理過的大麥胚中，發現有大量的誘變物質，但此物質却不是疊氮化物，Owais 等人相信這些非疊氮化物的誘變物質很可能是疊氮化物在生體 (in vivo) 中代謝的產物 (23,27)。疊氮化物在土壤中分解很快 (21)，殘效少、又處理濃度相當低，致癌能力亦低 (31)。疊氮化物使用於水稻的誘變研究始於1976年 (25)，但至1979年以來使用才見普遍。Afsar Awan 等人 (8) 報告疊氮化鈉在他們試驗中由0.12至 1.75mM 的濃度，皆具誘變能力，在 M_2 世代可發現葉綠體、短稈、矮化株、早抽穗、晚抽穗等可見的變異株。Guimarâes 和 Ando (17) 比較疊氮化鈉和 r 射線對水稻品種 Dourado precoce 的誘變效果，認爲疊氮化鈉較 r 射線有較高的誘變效果。Hasegawa 和 Inoue (18) 以疊氮化鈉處理水稻品種 Nihonbare 種子，發現有葉綠體變異，延遲抽穗、短稈、矮化、短穗、不稔的誘變效果，並由葉綠體的誘變效果建議種子處理前先浸水 6 小時，再以 10^{-1}M 處理可得最大誘變率。Patnaik 等人 (28) 分別以 100mM 的疊氮化鈉、20KR 的 r 射線和 38.66mM 的 EMS 處理比較前三個分蘖和第四、第五分蘖葉綠體的突變，發現 M_1 的最初三個分蘖有較高的葉綠體誘變率。Sarma 和Patnaik (29) 以 5×10^{-3}M 的疊氮化鈉和 30r 的 r 射線共同處理容易穗上發芽的水稻品種 Mahsuri, 結果由3150株 M_2 中選獲71株休眠性較强的植株。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1182 號。本研究資料承本所劉研究員清進行統計分析，謹此致謝。

2.本所農藝系助理研究員、研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

臺農67號是本省目前栽培最廣的稉稻品種 ，但其稻熱病抵抗性和褐飛蝨抵抗性却相當差[1]。利用高效率基因誘變化學藥劑來誘變改良臺農67號的抗病、抗飛蝨能力是可行方法之一。但誘變劑對不同品種可能有不同之反應[10]，先瞭解疊氮化物對臺農 67號或與其遺傳背景相近之品種（系）的反應是有必要的。

材料與方法

本研究使用品種爲臺農67號，種子來源是由農業試驗所農藝系細胞遺傳研究室所保存繁殖者供應。誘變藥劑使用疊氮化鈉（Sodium azide, NaN_3；Merck Art 6688，純度99%），使用前先製成 0.1M 的母液（0.6567g/100ml 去離子水），處理時再依所須的濃度於抽氣櫃中以 pH 值 3 濃度 0.05M 的磷酸鹽緩衝溶液稀釋，並馬上處理浸漬前處理過之種子。每一處理600粒種子，以去離子水於 5°C 下浸種24小時，再於同條件下改浸於 0.05M, pH＝3 的磷酸緩衝溶液中 4 小時。前處理後於同一條件以處理溶液先浸漬 1 小時，再置於 30°C 水浴處理 3 或 6 小時。處理完成後，以流水沖洗材料 4 小時，隨即以 30°C 定溫催芽過夜（約14小時）。處理過之溶液集中按照化學誘變劑安全處置的方法處置。以上處理時間與濃度分別爲 1） 3 小時； 6 小時。 2）0.0mM；1.0mM；1.5mM 和 2.0mM 等，完全組合共 8 種處理，每種處理 3 重複。處理種子（ M_1 世代）依性狀調查須要分別調查。

（一）種根長度（Seminal root length）：每處理逢機取10粒種子置放於覆溼濾紙之亞克力平板，以60度角斜放平板於淺皿中，置於 30°C 恆溫箱內令其發根，三日後量其種子根之長度。

（二）M_1 苗高（Seedling height）和萌芽成活率（Germination rate）：剩餘種子播於育苗箱內，每箱播 4 個處理，每處理播 400 粒。播種後置於溫室內按箱育苗法管理。至播種後10日調查萌芽成活率，於播種後26日調查苗高。

（三）M_1 株結實率（Seedset rate）及存活率（Survival rate）：播種後28日移植於本田，每處理逢機插植110株，單本植，密植，行株距爲10×10（公分），採 RCBD 設計。本田管理按一般栽培管理進行。成熟後每處理每株收獲主稈並逢機收取第一次分櫱之一穗共二穗，調查其結實率；存活率由全不稔株估算。（即 M_1 植株必須至少長出一穗且至少有一粒種子長成才算成活）。

統計分析所用之資料以每處理之平均值爲單元，以複因子分析各調查性狀之結果，並計算各性狀彼此間之相關係數。

結 果

調查資料中各種處理時間和濃度下的各種調查性狀之平均值和標準機差，列於表 1 。經複因子變方分析，各性狀各因子之 F 測驗綜合如表 2 ；各性狀於處理時間之比較綜合如表 3 ；處理濃度之比較綜合如表 4 ；。由變方分析 F 測驗結果顯示，除苗高在二個處理時間之間無顯著差異外，各性狀在處理時間之間及處理濃度之間皆有顯著之差異。種根長和萌芽成活率在區集（重複）之間有極顯著之差異。M_1 存活率則在處理時間和處理濃度之間有交感作用存在。

臺農67號處理疊氮化鈉後各性狀之比較分述如下：

（一）種根長度

疊氮化鈉對臺農67號種子的種根，有抑制生長的作用，這種作用隨著處理時間加長而增大，未處理疊氮化鈉的種根於置床後三日可長 2.255cm；處理 3 小時者平均僅長至 0.540cm，處理 6 小時者平均僅長至 0.217cm（表 3 ）。這種傷害作用亦隨處理濃度的增加而增大 ，但增加量却減少。由處理濃度與種根長的廻歸變方分析 F 值顯著性測驗顯示，處理濃度與種根長呈二次曲線效應（表 4 ），顯現疊氮化鈉處理時低濃度即可造成極大程度的抑制傷害（圖 1

表1. 臺農67號種子處理疊氮化鈉後，M_1 世代各調查性狀的平均值和標準機差。

Table 1. Mean values of investigated traits and their standard error for the Tainung 67 M_1 treated with sodium azide.

Time	Con.	Seminal root length(x10^{-2}cm)		Germination rate (%)		Seedling height (x10^{-2}cm)		Seedset rate (%)		Survival rate (%)	
hr	mM	$\bar{X}$	S. E.	$\bar{X}$	S. E.	$\bar{X}$	S. E.	$\bar{X}$	S. E.	$\bar{X}$	S. E.
3	0.0	234.67	53.76	92.85	0.43	548.33	36.45	81.47	1.21	100.00	0.00
	1.0	86.67	28.26	83.88	4.47	408.33	42.83	51.87	2.97	98.54	0.76
	1.5	43.67	10.36	78.52	4.44	414.67	41.32	41.25	2.81	95.45	2.29
	2.0	30.67	16.51	81.45	4.60	339.67	29.28	30.29	2.07	83.94	1.09
6	0.0	215.67	28.62	93.85	1.25	541.33	19.97	83.36	1.75	100.00	0.00
	1.0	47.67	20.50	74.37	9.56	382.67	33.76	43.45	5.26	92.87	2.44
	1.5	14.33	6.64	70.48	9.91	345.33	41.65	33.00	4.90	80.30	5.92
	2.0	3.00	3.00	64.36	7.20	301.33	6.89	16.47	5.40	50.78	9.84

表2. 臺農67號種子處理疊氮化鈉後，M_1 世代各調查性狀的變方分析表。

Table 2. Variance analysis for investigated traits of Tainung 67 M_1 treated with sodium azide.

Source	d. f.	M. S.				
		Seminal root length	Germination rate	Seedling height	Survival rate	Seedset rate
Block	2	9,809.0417**	512.4227**	8,397.1667	100.5135	31.3089
Time	1	4,959.3750*	424.5368*	7,385.0417	1,093.0950**	306.5920*
Concentration	3	55,493.1528**	519.2728**	54,600.7083**	1,258.0347**	3,817.2211**
Time×Concen.	3	100.8197	82.5356	1,030.4861	316.4434**	64.5246
Error	14	896.3274	57.1700	2,678.3571	47.7016	41.1670

*and **denote significances at 5% and 1% levels, respectively.

表3. 疊氮化鈉不同處理時間長對臺農67號 M_1 世代各調查性狀的效應比較。

Table 3. Comparison of effectiveness of SA between treated time duration for Tainung 67.*

Time duration	Seminal root length (mm)	Germination rate (%)	Survival rate (%)	Seedset rate (%)
Control	225.17 a	93.35 a	100.00 a	82.42 a
3 hr	53.67 b	81.28 b	92.64 b	41.14 b
6 hr	21.67 c	69.74 c	74.65 c	30.97 c

*In a column, means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by Dancan's new M. R. T.

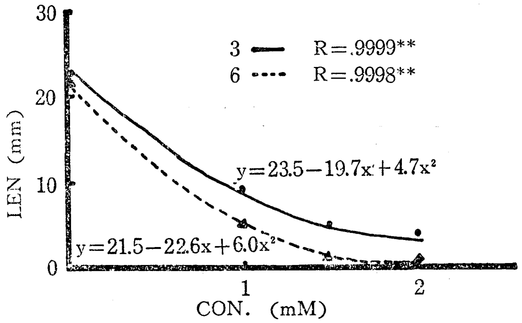


圖1. 疊氮化鈉濃度對臺農67號 M_1 世代種根長的效應。

Fig. 1. Effect of SA concentrations on the length of M_1 seminal root of Tainung 67.

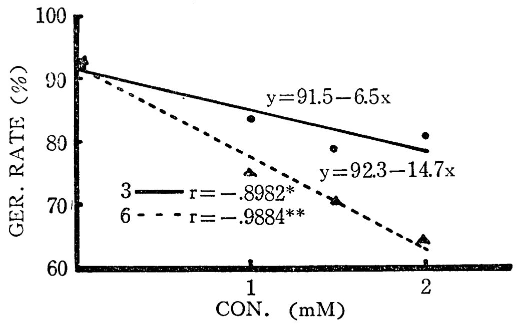


圖2. 疊氮化鈉濃度對臺農67號 M_1 世代萌芽率的效應。

Fig. 2. Effect of SA concentrations on the germination rate of Tainung 67 seed.

）。

（二）種子萌芽出土率

臺農67號種子處理疊氮化鈉後，隨處理時間增長及濃度增加，萌芽成活率顯著降低。未處理種子之萌芽成活率爲93.35%，處理3小時者平均爲81.28%，6小時者平均爲 69.74%（表3）。廻歸變方分析結果顯示萌芽出土率與濃度呈直線關係（表4），且隨濃度增加，萌芽出土率遞減（圖2），6小時處理時間下的遞減更快。

（三）苗高

疊氮化鈉的種子處理時間對臺農67號的苗高並無顯著的影響，即3小時者苗高平均爲 387.67×10^{-2}cm，6小時者爲343.00×10^{-2}cm。苗高對處理濃度的廻歸變方分析顯示，兩者有直線關係，處理濃度愈高，播種後28日的苗高愈短，顯現疊氮化鈉的濃度效果（圖3）。

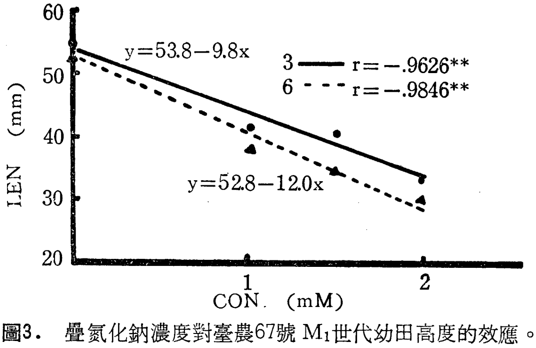


圖3. 疊氮化鈉濃度對臺農67號 M_1世代幼田高度的效應。

Fig. 3. Effect of SA concentrations on the seedling height ofTainung 67.

表4. 疊氮化鈉對臺農67號 M_1 世代各調查性狀在處理濃度效應上的迴歸分析。

Table 4. Regression analysis of investigated 5 traits on the effectiveness of treated concentrations of sodium azide with Tainung 67.

Source	d. f.	M. S.				
		Seminal root length	Germination rate $	Seedling height	Survival rate	Seedset rate
Concentration	1	55,493.1553**	519.2730**	54,600.7065**	1,258.0343**	3,817.2219**
Linear regression	1	152,901.0675**	1,474.0897**	157,248.8629**	2,909.2260**	11,339.7299**
Quadratic regression	1	13,577.6651**	82.8005	3,135.0689	825.9676**	82.2684
Cubic regression	1	0.7333	0.9289	03,418.1878	38.9093	29.6673
Residual	14	896.3274	57.1700	2,678.3571	47.7061	41.1670

**significant at 1% level.

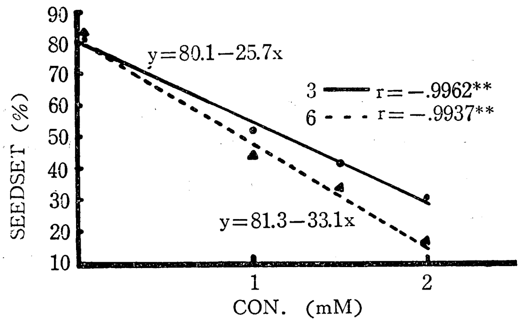


圖4. 疊氮化鈉濃度對臺農67號 M_1 世代結實率的效應。

Fig. 4. Effect of SA concentrations on the M_1 seedset of Tainung 67.

(四) 結實率

臺農67號以疊氮化鈉處理之 M_1 植株之結實率，隨著處理時間及濃度之增加而減少。未處理藥劑的平均結實率爲82.42%，處理3小時者平均爲41.14%，處理6小時者平均爲 30.97%，處理時間愈久，結實率愈低（表3）。處理濃度與結實率之廻歸變方分析顯示，結實率與處理濃度呈現直線關係（表4），即處理濃度愈高，結實率愈低（圖4）。

(五) M_1 株存活率

若 M_1 株完全不結實，則除無性繁殖外，該完全不結實的 M_1 植株將無法存留於 M_2 代；疊氮化鈉處理後的臺農67號 M_1 株，各處理內大都可發現完全不結實的植株。未處理疊氮化鈉的對照區內，全未發現完全不結實株，其存活率爲 100%；處理3小時者其平均存活率爲 92.64%；處理6小時者之平均存活率爲 74.65%；處理時間愈長，M_1 株的存活率愈低（表3）。M_1 株的存活率與處理濃度的廻歸分析中顯示兩者呈現二次曲線關係（表4），處理濃度愈高，M_1 株存活率遞減更快（圖5）。

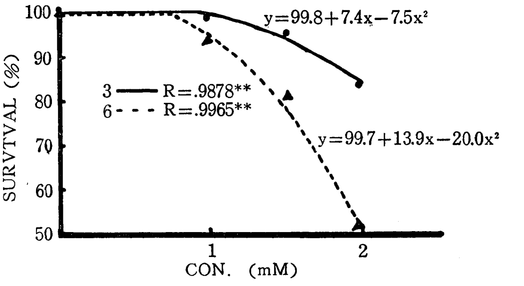


圖5. 疊氮化鈉濃度對臺農67號 M_1 世代存活率的效應。

Fig. 5. Effect of SA Concentrations on survival rate oof M_1 plants of Tainung 67.

(六) 各觀察性狀間之相關

臺農67號種子處理疊氮化鈉後 M_1 世代各性狀間之相關如表5。各性狀彼此間呈現顯著或極顯

著正相關，其中以種根長和結實率之間的相關最高，爲0.8942，最低是萌芽成活率與株存活率之間的相關，爲0.4178。

表5. 臺農67號處理疊氮化鈉後，M_1 世代各調查性狀彼此之相關。

Table 5. Correlation coefficients beteen the traits investigated in the M_1 of Tainung 67 treated with sodium azide.

Trait	Seminal root length	Germination rate	Seedling height	Seedset rate	Survival rate
Seminal root length	1.0000	0.6531**	0.6656**	0.8942**	0.5609**
Germination rate		1.0000	0.5833**	0.5782**	0.4178*
Seedling height			1.0000	0.7640**	0.5408**
Seedset rate				1.0000	0.7685**
Survival rate					1.0000

*, **denote significances at 5% and 1% levels, respectively.

討 論

通常誘變劑不僅有誘發遺傳變異的能力，在處理當代，亦顯現其毒（傷）害作用，其程度常與後代發現的誘變率有相當大的關連[13]。這種毒（傷）害作用只是限於 M_1 代，並因處理時間、劑量的增加而增大，最後 100%死亡。最高的誘變率及最低的生理傷害是最理想的，因此在使用新的誘變劑進行誘變育種工作時，測驗該誘變劑對目的作物的生理反應是提高誘變育種效率的必要程序。

爲明瞭誘變劑對禾穀類作物種子的影響，比較簡便的方法是測定處理後種子的發芽率、種根長和幼苗高度，另外，還有測定 M_1 植株生育後期的生存率、結實率或觀察體細胞分裂與減數分裂時的染色體變異狀況等[16]。

疊氮化鈉處理水稻品種 "M_5"[8] 等會影響種子的發芽率、幼苗高度和 M_1 植株的稔性且隨著處理濃度增加而發芽率、幼苗高度和 M_1 植株的稔性減低。本試驗對臺農67號所得結果與之大致符合。所有觀察性狀之調查值都隨處理濃度或處理時間（幼苗高除外）而降低。其中種根長和 M_1 植株存活率與處理濃度呈下降的二次曲線，其餘則呈直線下降相關。據 Gaul 物理或化學誘變劑的劑量對幼苗高、種根長與生存率的平均值的關係均呈反 S 型曲線[16]，即此爲三次曲線；本試驗缺乏 0 至 1mM 之濃度，所得結果是二次曲線關係，若設有此段濃度廻歸曲線也許會呈現三次的反 S 型曲線。Gaul 定義計算生存率的生存植株是不論結實與否，至少需長出一穗（花序）者[14]。本試驗的存活率定義乃指 M_1 植株已生存且至少必須結出一粒種子者，與 Gaul 由成活幼苗數和生存植株數估算之生存率有異，反應曲線亦可能因此不一。又本試驗處理濃度變級僅設至 2mM，存活率對較高濃度變級的反應亦不明，但 2mM濃度已嚴重抑制臺農67號種子的發芽及成活，使用較高濃度變級似已無實用性。

疊氮化鈉會抑制大麥種子呼吸作用中氧化還原酵素之作用，而使大麥種子之代謝作用減緩[33]，此可能抑制體細胞分裂而影響幼苗高度。遲發芽可能影響苗高或可能因誘變劑作用而使幼苗生長緩慢，因此幼苗高度的測量不宜太早[16]，但太晚又易受環境因子的影響，何時測量苗高最足以代表對處理的反應似難把握。本試驗於播種後26日測量幼苗高度，區集重複間差異不顯著，顯見環境控制尚佳。幼苗高度與處理濃度變級間呈直線相關，與 Gaul 所謂呈反 S 型曲線不一樣，可能由於調查時期不一樣所致。幼苗高度對二種處理時間的反應並無顯著差異，按理推論，處理時間愈久，種子受傷害程度會愈大，本試驗獲此結果可能是由於晚期調查，幼苗生長勢已有相當的恢復所致。種根長和種子萌芽成活率能直接反應疊氮化鈉的作用，種根長於處理後三日調查，萌芽成活率於播種後10日調查，

二者的區集（重複）間差異皆極顯著，顯示處理時易受環境因素之影響。由於試驗於冬季進行，處理時以一區集（重複）爲一次，共分三次進行，處理時室溫隨寒流來去而有相當的變異，部分於室溫下進行的步驟，如流水沖洗，即可能因水溫的差異而影響了疊氮化鈉的作用能力。

發芽率常被用爲誘變劑效應的指標之一。對育種工作的實用而言，以發芽率、結實率影響最小而基因誘變率最高的誘變劑或劑量[13,16]最爲理想。但毫無疑問的，發芽率的測定可以簡便地告訴育種人員所用的誘變劑或劑量是否適當。萌芽出土率的測定雖較發芽率爲慢而費事，但其實用性却較高。本試驗於溫室調查播種後10日的萌芽出土率對處理時間和處理濃度的反應顯示與其他調查之生理傷害有顯著的相關，雖然這些相關與其他生理傷害性狀間的相關較小。疊氮化物是一種高效力的呼吸作用抑制劑，抑制種子萌芽時的呼吸作用當然會影響萌芽及生長。最後結實率亦受影響。想獲得接近理想的處理濃度必須再進一步探討更低及更高濃度的效應並測驗傷害程度與誘變率間的相關。

Gaul 曾綜論染色體突變可能是所有誘變劑造成不稔性的主要原因，但疊氮化物處理大麥時並未誘發顯著的染色體異常，其不稔性乃由於配子或接合子致死基因的突變[2,11,26,34]。疊氮化物所獲誘發的不稔性可能是基因突變所造成；但於 M_2 世代各種突變體的出現率不見得與 M_1 世代的不稔性有相關[9,15,20]。Afser Awan 在水稻品種 M5 的疊氮化鈉誘變試驗中發現 M_1 世代的不稔性隨處理濃度而增加，於 M_2 世代中，葉綠體突變率與處理濃度呈正相關，但其他性狀如短稈、早熟等之誘變率與處理濃度即無相關，唯總誘變率與處理濃度則呈正相關[8]。本試驗中臺農67號 M_1 株的結實率與疊氮化鈉的濃度呈直線關係，與 Afser Awan 的結果一致。雖然本試驗尚未獲得 M_2 有關的資料，但比較Afser Awan 的結果推論，疊氮化鈉對臺農67號水稻種子處理的基因誘變率與處理的濃度可能會有相當的關係。唯此推論尙須進一步探討 M_2 的誘變率才可歸納證實。又種根長與結實率在對疊氮化鈉處理的反應上比其他調查之生理傷害反應，有最高的相關，再考量實用、迅速、方便等條件下，此二種反應可能是水稻臺農67號使用疊氮化鈉爲誘變劑進行誘變育種時，決定所須適當處理方法的較佳指標。

參考文獻

1. 卜瑞雄、黃眞生　1983，水稻臺農67號對稻熱病抵抗性改良之研究。中華農業研究，32（3）201—208。
2. 范基南、盧英權　1981, Sodium Azide 與 EMS 對大麥誘變效果之比較。科學農業，29（1—2）61—65。
3. 黃眞生、卜瑞雄　1974，水稻品種臺農61號放射線處理試驗。農試所年報，62：6—7。
4. 張德梅　1976, EMS（Ethyl Methane Sulfonate）誘導的水稻突變品系之遺傳研究。稻作改良年報，64：4—6。
5. 楊紹榮、李淑英　1981，化學誘變劑對香蕉之誘變效果。中華農學會報，（新）116期：36—47。
6. 蔡金川　1978，水稻幼穗分化至抽穗期間之X射線誘變研究。科學農業，26（7—8）264—265。
8. Afsar Awan, M., C. F. Konzak, J. N. Rutger & R. A. Nilan 1980, Mutagenic effects of sodium azide in rice. Crop Science, 20(5)663—668.
9. Bekedam, J. 1960, X-ray induced mutations in rice. Effects of Ionizing Radiations on Seeds. Proc. Symp. Karlsruhe, IAEA, Vienna. p. 609-629.
10. Borojevic, K., W. Gottschalk & A. Micke 1977, The factors of effects for mutational map and quality of mutants. Manual on Mutation Breeding, p. 146-150.
11. Choudhary, D. K. & G. L. Kaul 1976, Effect of sodium azide on X-rays induced seedling injury, chromosome aberrations & frequency of chlorophyll deficient mutations in barley, *Hordeum vulgare* L.. Indian J. exp. Biol., 14(5) 607-609.
12. Choudhary, D. K. 1976, Non-mutagenicity of sodium azide on *Streptocarpus hybridus*. Z. Pflanzenzucht, 76(2)167-170.
13. Gaul, H. 1959, Determination of the suitable radiation dose in mutation experiments. Proc. 2nd

Congr. European Association for Research on Plant Breeding, Cologne, p. 65-69.

14. Gaul, H. 1963, Mutationen in der Pflanzenuchtung. Z. Pflanzenzuecht, 50 : 194-307.
15. Gaul, H. 1965, The concept of macro-and micro-mutations and results on induced micro-mutations in barley. The Use of Induced Mutations in Plant Breeding, Perganion Press, Oxford, p. 408-426.
16. Gaul, H. 1977, The effects of mutagens for M_1 of treated seeds. I. Injury and lethylity on plant. Manual of Mutation Breeding, p. 87-91.
17. Guimaraes, E. P. & A. Ando 1980, Effect of the use of the mutagenens sodium azide and gamma radiation in rice seeds. Ciência e Cultura, 32(5)619-622.
18. Hasegawa, H. & M. Inoue 1980, Effects of sodium azide on seedling injury and chlorophyll mutation in rice. Japanese J. Breeding , 30(4)301-308.
19. Heslot, H. 1977, Chemical mutagen. I. The main mutagens. Manual on Mutation Breeding, p. 51-59.
20. Hildering, G. J. & J. H. Van Der Veen 1966, The mutual independence of M_1-fertility and mutant yield in EMS treated tomatoes. Euphytica, 15 : 412-424.
21. Ketchersid, M. L. & M. G. Merkle 1976, Dissipation and phytotoxicity of sodium azide in soil. Weed Sci., 24 : 312-315.
22. Kleinhofs, A., C. Sander, R. A. Nilan & C. F. Konzak 1974, Azide mutagenicity-mechanism and nature of mutants produced. Polyploidy and Induced Mutations in Plant Breeding, IAEA, Vienna, p. 195-199.
23. Kleihofs, A., W. M. Owais & R. A. Nilan 1978, Azide. Mutation Reseaгch, 55 : 165-195.
24. Li, H. W., C. H. Hu & S. C. Woo 1966, Induced mutation breeding of rice in Taiwa. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 7(2)71-79.
25. Mustafa, G. 1976, Azide mutagenesis in rice. A report submitted for the Degree, M. S. in Agronomy, Washington State Univ., Pullman, Wash.
26. Niknejad, M. 1976, The effects of duration and conditions of posttreatment storge on the physiological damage and mutation frequancy of barley treated with different concentrations of sodium azide. Barley Genetics III. Proc. 3rd Int. Barley Genet. Symp. Verlag Karl Thiemig, Munich, H. Gual (ed.), p. 132-145.
27. Owais, W. M., M. A. Zarowitz, R. A. Gunovich, A. L. Hodgdon, A. Kleinhofs & R. A. Nilan 1978, A mutagenic in vivo metabolite of sodium azide. Mutation Research, 53(3)355-358.
28. Patnaik, A., K. Vasudevan & N. P. Sarma 1980, Induced mutation frequencies in different tiller categories in rice. Cerel Research Communications, 8(3)575-576.
29. Sarma, N. P. & A. Patnaik 1980, Induction of sprouting resistance in Mahsuri. International Rice Research Newsletter, 5(6)3.
30. Singh, R. B., R. S. N. Pillai & H. Kumar 1981, Induced traslocations in Safflower. Crop Science, 21(6)811-815.
31. Ulland, B., E. K. Weisburger & J. H. Weisburger 1973, Chronic toxicity and carcinogenicity of industrial chemicals and pesticides. Toxicol. Appl. Pharmacol., 25 : 446.
32. Veleminsky, J., T. Gichner & V. Pokorny 1977, Induction of DNA singlestrand breaks in barley by sodium azide applied at pH 3. Mutation Research, 42(1)65-70.
33. Vigers, G. A. & F. D. Ziegler 1968, Azide inhibition of mitochondrial ATPase. Biochm. Biophys. Res. Commun., 30 : 83-85.
34. Walther, F. 1976, The influence of storage on sodium azide treated barley and on the efficiency of the chemomutagen. Barley Genetics III. Proc. 3rd Int. Barley Genet. Symp., Verlag Karl Thiemig, Munich, H. Gual (ed.), p. 123-133.

35. Woo, S. C., C. -M. Ng & E.-M. Tye 1971, Induction of mutations in cultivated rice by chemical and physical agents. 1. The efefcts of isopyopyl methane-sulfonate, diethyl sulfate, and gamma radiations on seed germination and seedling height injury. Bot. Bull. Acad. Sinica, 12 : 10-23.

36. Woo, S. C., C.-M. Ng & I.-J. Tung 1971, Induction of mutations in cultivated rice by chemical and physical agents. II. The effect of M_1 damage and M_2 mutations. Bot. Bull. Acad. Sinica, 12 : 66-73.

Mutagenic Efficiency of Sodium Azide on Rice Variety Tainung 67[1]

C. G. Chern and C. S. Huang[2]

Summary

The presoaked seed of rice variety Tainung 67 were treated with sodium azide for 2 time periods, 3 and 6 hrs, at 4 concentrations, 0.0, 1.0, 1.5 and 2.0mM in a pH 3 potassium phosphate buffer solution for mutation breeding. Five related traits at M_1 generation were observed, they were seminal root length, germination rate in greenhouse, seedling height, seedset rate and survival rate [percentage of plants that bore one or more seeds]. Except the seedling height on time periods of treatment, there existed a significantly negative correlation regression of all traits on the time duration and concentrations of treatment. The regressions of seminal root length and survival rate on the concentrations showed a quadratic nature, while other traits, respectively, showed a linear regression on the treated concentrations. The highest correlation was found between seminal root length and seedset rate of M_1 generation. It is suggested to use a relatively short time period of treatment and to use the seminal root length and seedset rate of M_1 plant as the indicator to eveluate the mutagenic efficiency of sodium azide in rice mutation breeding.

---

1. Contribution No. 1182 from the Taiwan Agricultural Research Institue.

2. Assistant plant breeder and Senior plant breeder, respectively, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taiwan, 431, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）33(4)：354～362（1984）

水稻不同次位分蘖、穗位及枝梗間花葯培養癒傷組織之形成[1]

陳 駿 季　　蔡 新 聲[2]

摘要：以臺農67號與臺南５號兩水稻栽培品種爲材料，利用兩種不同取樣方式比較不同次位分蘖，不同穗位及不同梗梗間花葯癒傷組織的形成能力。第一種取樣方式是在同一株水稻中，從主桿到第三次分蘖，隨着其發育而依序取樣，以此種取樣方式，主桿與分蘖間之花葯培養癒傷組織形成能力極爲一致；第二種取樣方式是每一株水稻只取一特定次位分蘖，其餘分蘖保留在植株上，此種取樣的結果，主桿與一、二次分蘖花葯癒傷組織的形成能力仍大致相同，三次分蘖則較爲低下。第二種取樣方式同時顯示對於開花末期接種的花葯癒傷組織形成能力有不利的影響。

穗位及枝梗間花葯癒傷組織之形成在兩種取樣方式下都沒有差異。取樣方式的不同造成第三次分蘖及較晚之二次分蘖花葯癒傷組織形成能力差異的原因，本文亦有所討論。

本試驗同時顯示花葯培養的成效受母體植株生長環境所左右。三次不同接種月份中，以 1981 年５月份所接種的花葯，其癒傷組織形成能力最高。

以花葯培養單倍體的形成進行水稻育種，理論上可以縮短時間，同時可以克服什種 F_1 之分離[18.27.29.30]，所以近幾年來這種技術受各國學者廣泛的重視。

花葯培養的成效除了受植物本身遺傳特性[19.29]，培養適期[8.12.14]及培養基成份[10.23]所影響外，許多文獻均曾提及母體植株的營養狀況及生理情形亦能影響花葯培養的效果[4.13.15.23.26]，水稻在這方面的報告不多；例如 Chaleff and Stolarz 指出水稻同一穎花內各花葯形成癒傷組織能力差異極大，不同穎花間也有類似的結果[6]；Chen *et al.* 認爲以開花期最初幾天的單核期花葯進行培養效果最佳[7]，同時臺灣期作間的花葯培養亦具有顯著的差異性[24]。

水稻植株各分蘖、穗位及枝梗間的穎花發育早晚均有一定的次序[1]，本試驗的目的即在探討這些發育時間具有差異的各次位分蘖，穗位及枝梗，其穎花花葯培養癒傷組織的形成能力。

材料與方法

本試驗所選用的水稻品種爲稉型稻臺農67號與臺南５號（*Oryza Sativa* L. CV Tainung 67, Tainan 5）。在花葯培養的過程中前後以Chen *et al.*[10]所述之 A 及 D 兩種培培基誘導癒傷組織的形成。A 培養基主要成份爲 Murashige and Skoog[MS] 培養基的全量有機鹽類，主要無機鹽

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1183 號。本研究承行政院國科會補助（NSC 73-0409-B055-01），統計分析承本所農藝系劉清博士協助，謹致謝意。

2.本所農藝系助理、研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

類濃度減半（Fe-EDATA 除外），外加 4 mg/l 2-napnthalenacetic acid (NAA), 2mg/l 6-furfurylaminopurine (Kinetin), 6% Sucrose 及 0.8% phytagar；D 培養基主要成份爲 MS 培養基的主要有機鹽類 N_6 (Chu *et al*, 1975) 培養基之無機鹽類[11]，外加 4mg/l NAA, 2mg/l kinetin, 6% sucrose 0.8% phytagar[10]。

供試的水稻以單本植種於 1/2000 acre 的塑膠盆中，在植株發育過程中，各次位分蘖分別加以標記區分。幼穗取樣方法分爲兩種：第一種取樣方式是在同一株水稻中，從主桿到第三次分蘖，只要合於取樣標準的幼穗均予取下，取樣時將穗及包在穗外的劍葉及葉鞘抽出，其餘下位葉保留在植株上繼續生長；第二種取樣方式是每一植株只取一種分蘖，其餘分蘖使其繼續生長直到開花結實，同時取樣時將該分蘖自基部剪下，不保留下位葉在分蘖上生長。

幼穗取樣的指標，根據試驗目的不同而依下列方法做爲取樣指標：

1.不同次位分蘖及不同枝梗之穎花葯培養試驗：當劍葉的葉耳與倒數第二葉的葉耳相距大約 3—4cm 時，依上述不同取樣方法自植株取下，此時幼穗中間位置穎花之花葯其小孢子發育屬單核期。
2.穗內不同部位間穎花花葯培養試驗：中位穗取樣指標同上；上位穗取樣以兩葉耳相距 1cm左右爲指標；下位穗以5cm左右爲指標，此時穗內所取部位之穎花其小孢子發育屬單核期。

取回之幼穗以70%的酒精擦拭葉鞘外部，在無菌接種箱內選取適當材料。不同次位分蘖的試驗，將不同次位分蘖的幼穗分開，同一次位分蘖之幼穗，剪取中間部位的穎花混合當培養材料；不同枝梗之試驗，和不同次位分蘖之取材相同，但需將不同枝梗上之穎花分開；穗位試驗之上位穗取小孢子發育屬單核期，而位在一穗尖端部位的穎花，中位穗取同樣條件而位在一穗中間部位的穎花，下位穗則取近基部的穎花。

選擇好的材料（穎花）先以70%的酒精消毒30秒，再以 0.5%的次氯酸鈉消毒 3 分鐘，移入液態 A（或D）培養基內，再以 chen *et al.*[9] 所述之方法，選取含有單核期小孢子的花葯培養於A或D固體培養基上，每根含有10ml培養基之試管（25×120mm）約接種50個左右的花葯，於 25±1°C 之恆溫黑暗下培養。

結　果

一、不同次位分蘖花葯形成癒傷組織的能力：

將水稻主桿，一次、二次及三次分蘖上的適期花葯培養於A 培養基，約 3～4 週後，開始有白色

表1. 第一種取樣方式水稻不同次位分蘖花葯癒傷組織之形成能力

Table 1. Comparison on callus-forming ability of anthers originated from rice tillers of different orders (First Sampling method). 1

Cultivar	Source of anthers	No. of anthers cultured			No. of anthers forming callus			Percent of anthers forming callus²		
		Oct-Nov 1980	April 1981	May 1981	Oct-Nov 1980	April 1981	May 1981	Oct-Nov 1980	April 1981	May 1981
Tainung 67	Main stem	2,140	1,058	544	368	203	161	17.2a	19.2a	29.6a
	Primary tiller	3,860	892	637	848	170	187	22.2a	19.1a	29.4a
	Secondary tiller	2,479	758	530	516	142	157	20.8a	18.8a	29.6a
	Tertiary tiller	1,539	702	770	323	147	226	21.0a	20.9a	29.4a
Tainan 5	Main stem	957	818	337	63	69	46	6.7a	8.4a	13.6a
	Primary tiller	1,105	677	690	70	69	119	6.3a	10.2a	17.2a
	Secondary tiller	1,956	793	535	154	75	70	7.9a	9.5a	13.1a
	Tertiary tiller	1,847	927	561	100	94	70	5.4a	10.1a	13.9a

1. Callus induction medium : A medium.
2. Means followed by same letter are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

或黃白色癒傷組織自花葯以出長。第一種取樣方式，臺農67號及臺南 5 號兩品種都顯示主桿與各次位分蘗間，形成花葯癒傷組織的能力無顯著差異（表 1）。但品種間癒傷組織形成能力相差很大，臺農67號平均比臺南 5 號高出一倍以上。以第二種取樣方式，主桿，一次及二次分蘗間之花葯癒傷組織形成能力，不論臺農67號或臺南 5 號表現均極爲一致，頻度介於40.6%～44.6%及22.4～23.4%之間；三次分蘗之花葯癒傷組織形成能力則顯著下降，頻度分別爲32.7%及16.0%，平均降低約10%左右（表2）。

表2. 第二種取樣方式水稻不同次位分蘗花葯癒傷組織之形成能力

Table 2. Comparison on callus-forming ability of anthers originated from riec tillers of different order (Second Sampling method)[1]

Source of anthers	No. of anthers cultured		No. of anthers forming callus		Percent of anthers forming callus[2]	
	Tainung 67	Tainan 5	Tainung 67	Tainan 5	Tainung 67	Tainan 5
Main stem	856	958	366	221	42.8a	23.1a
Primary tiller	885	749	395	168	44.6a	22.4a
Secondary tiller	892	864	362	193	40.6a	23.4a
Tertiary tiller	776	889	254	141	32.7b	16.0b

1. Callus induction medium : D medium.
2. Means followed by same letter are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

二、穗內不同部位之穎花花葯培養癒傷組織之形成能力：

以第一種取樣方式將一次分蘗內不同著生部位同是單核期的穎花，花葯培養於A 培養基，其癒傷組織形成率列於表 3 。上位穗、中位穗、下位穗形成癒傷組織的能力大致相同，供試兩品種均具有相

表3. 第一種取樣方式水稻一次分蘗穗內不同部位之穎花花葯癒傷組織之形成能力

Table 3. Comparison on callus-forming ability of anthers from spikelets at different positions on primary-tiller panicles of rice (First Sampling method)[1]

Cultivar	Spikelet position on panicle	No. of anthers cultured			No. of anthers forming callus			Perce nt of anthers forming callus[2]		
		Oct-Nov 1980	April 1981	May 1981	Oct-Nov 1980	April 1981	May 1981	Oct-Nov 1980	April 1981	May 1981
Tainung 67	Upper	729	423	727	203	97	212	27.8a	22.9a	29.1a
	Middle	736	1,054	711	155	236	209	21.1a	22.4a	29.4a
	Lower	543	546	384	126	129	109	23.2a	23.6a	28.4a
Tainan 5	Upper	282	200	361	14	21	45	5.0a	10.5a	12.5a
	Middle	197	918	498	11	87	76	5.6a	9.5a	15.3a
	Lower	240	654	369	14	65	50	5.6a	9.9a	13.6a

1. Callus induction medium : A medium.
2. Means followed by same letter are not significantly different at 5% level using Dunca n's multiple range test.

同之反應。以第二方式取樣顯示臺農67號不同穗位間花葯形成癒傷組織的能力並無差別，但在臺農 5 號卻顯示中位穗具有較高的癒傷組織形成能力，唯差異不大（表 4），很可能由試驗誤差所造成。

表4. 第二種取樣方式水稻一次分蘖穗內不同部位之穎花花葯癒傷組織之形成能力

Table 4. Comparison on callus-forming ability of anthers from spilelets at different position on primary-tiller panicles of rice. (Seco nd sampling method)[1]

Spikelet position on panicle	No. of anthers cultured		No. of anthers forming callus		Percent of anhters forming callus[2]	
	TNG 67	TN 5	TNG 67	TN 5	TNG 67	TN 5
Upper	815	740	343	152	42.1a	20.5b
Middle	885	749	395	168	44.6a	22.4a
Lower	642	822	268	156	41.7a	19.9b

1. Second crop, 1981 ; callus inductionmedium : D medium.
2. Means followed by same letter are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

三、不同枝梗穎花之花葯癒傷組織形成能力：

水稻穗內不同枝梗（一次枝梗與二次枝梗）花葯形成癒傷組織的能力，不論是以第一種取樣方式（表 5），或是以第二種取樣方式（表 6），兩供試品種均顯示差異未達顯著水準。

表5. 第一種取樣方式水稻二次分蘖不同枝梗穎花花葯癒傷組織之形成能力

Table 5. Comparison on callus formation of anthers from spikelets at different branches of secondary-tiller panicles of rice (First sampling method)

Cultivar	Source of anthers	No. of anthers cultured			No. of anthers forming callus			Percent of anthers forming callus[2]		
		Oct-Nov 1980	April 1981	May 1981	Oct-Nov 1980	April 1981	May 1981	Oct-Nov 1980	April 1981	May 1981
Tainung 67	Primary branch	1,122	963	815	205	191	233	18.3a	20.4a	28.5a
	Secondary branch	1,472	474	539	201	83	147	13.7a	17.5a	27.3a
Tainan 5	Primary branch	907	702	538	55	90	69	6.1a	12.8a	12.8a
	Secondary branch	485	431	492	34	55	66	7.0a	12.8a	13.4a

1. Callus induction medium : A medium.
2. Means followed by same letter are not significantl, different at 5% level using Duncan's multiple range test.

表6. 第二種取樣方式水稻二次分蘖不同枝梗穎花花葯癒傷組織之形成能力

Table 6. Comparison on callus-forming ability of anthers from spikelets at different branches of secondary-tiller panicles of rice (Second sampling method)[1]

Source of anthers	No. of anthers cultured		No. of anthers forming callus		Percent of anthers forming callus[2]	
	Tainung 67	Tainan 5	Tainung 67	Tainan 5	Tainung 67	Tainan 5
Primary branch	847	820	294	175	34.7a	21.6a
Secondary branch	715	772	258	162	36.1a	21.0a

1. Second crop, 1981 ; callus induction medium : D medium.
2. Means followed by same letter are not significatly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

四、花葯接種的早晚與癒傷組織形成能力的關係：

本試驗所進行花葯培養的各項處理中，均顯示花葯癒傷組織的形成能力，隨母體植株的栽培時間不同而有極大的差異（表１、３），兩品種均以1981年５月份所培養的花葯較好。表７更進一步顯示，在同一時期所種的植株中，以第二種取樣方式進行培養，早期接種的花葯，形成癒傷組織能力優於晚期接種的花葯，此結果顯示第二種取樣方式對末期才接種的花葯，形成癒傷組織有不良影響。

表7. 水稻二次分蘖不同接種期花葯之癒傷組織形成能力

Table 7. Comparison on callus-forming ability of anthers from secondary tillery of Tainung 67 rice sampled on different dates (second sampling method).[1]

Culture date	No. of anthers cultured	No. of anthers forming callus	Percent of anthers forming callus[2]
10. 1	300	127	42.3a
10. 3	337	152	45.1a
10.11	255	83	32.6b

1. Second crop, 1981 ; callus induction medium : D medium.
2. Means followed by same letter are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

討　　論

植物花葯培養，單倍體植株或癒傷組織的誘導能力常因品種而異[19,21,23]，而水稻花葯培養，癒傷組織的誘導，更因品種、雜交組合的不同而有很大的差異[7,17,27]。在本試驗中兩供試品種臺農67號及臺南５號，其花葯癒傷組織的形成能力，在任何處理組合中均有顯著的差異，臺農67號最高可達44.6%，而臺南５號最高只有 23.4 %，兩品種相差達一倍左右（表２）。Chen *et al.*[7] 及 Tsay and Lin[24] 曾報告臺南５號花葯培養癒傷組織的誘導率可達37%左右，相較之下本試驗在相同培養下（A培養基），花葯癒傷組織誘導率只約 17%顯得低很多。同一品種花葯癒傷組織形成能力的差異性，可能由於母體植株種植在不同環境所造成[16,23]，也可能由於品種來源不同所致。臺南 5 號爲一推廣很久的品種，品種本身可能已有退化及混雜情形發生。

母體植株的營養狀況與生長情形對花葯培養的成敗有很大的影響[14,16,23]。這些影響因子包括：植物體年齡[4,21]，氣候的變異[15,19,25]與肥料的差異[26,28]等，唯水稻這方面的資料相當缺乏。本試

驗結果顯示，在兩種不同的取樣方式下，主桿、一次及二次分蘗間花葯癒傷組織形成能力均極為一致，唯獨三次分蘗在以第二種取樣方法下表現出較差的癒傷組織誘導率（表２）。基於以下原因，我們認為取樣方法的不同，造成三次分蘗的生長、發育各異，而影響到三次分蘗的花葯癒傷組織形成能力：

1. 第二種取樣方法，植株是生長在正常狀況下，每一株水稻只取一種分蘗進行培養。由於水稻主桿及各分蘗在發育時間上具有先後次序的關係[1]，對取三次分蘗的植株而言，三次分蘗在孕穗時，植株上低次位分蘗多已進入抽穗與充實期，對養份的需求較三次分蘗多，由於養份競爭的原因，三次分蘗發育較差，因而有較低的癒傷組織形成能力。
2. 第一種取樣方法較為特殊，每一植株中的每一分蘗均取下進行培養，同時取穗時只取穗本身及劍葉，其餘下位葉均予以保留，故發育較晚的三次分蘗，不但因低次位分蘗之穗除去，缺乏吸收養份競爭的對象，同時去穗分蘗的下位葉亦提供養份給三次分蘗，使得此種狀況下植株之三次分蘗發育不比主桿及一、二次分蘗差，因此花葯癒傷組織形成能力沒有降低的現象。當一分蘗的穗除去後，此穗的下位葉能延緩老化時間，而將其合成的光合作用產物繼續轉移至鄰近的分蘗[20]，因此推測不同取樣方式造成三次分蘗發育的差異，可能由於養份的轉流再分佈所致。三次分蘗因發育較晚，受到影響較大，主桿與一、二次分蘗發育較早，所以不受影響。
3. 表２第二種取樣方法培養於D培養基下之花葯癒傷組織誘導率，平均約比表１第一種取樣方法培養於A培養基下之花葯癒傷組織誘導率高出一倍，這種花葯癒傷組織誘導率之差異，主要係因D培養基比A培養基優良之故 Chen *et al.*[10]。即曾報導臺農67號作稻花葯，在D培養基之誘導率約為40%，比A培養基之20%高出一倍左右，這種結果與本試驗臺農67號之花葯癒傷組織誘導率極為符合，所以水稻三次分蘗以第二種取樣方法，在D培養基上所造成花葯癒傷組織誘導率低下之情形，亦必會發生在A培養基上，可惜本試驗因適值新改良培養基（D）之發現而捨棄A培養基，故缺乏此項資料。根據A. D 培養基及二種取樣方法所獲日之結果研判，我們認為第二種取樣方法是造成三次分蘗花葯癒傷組織誘導率低下的主要原因。

水稻穗內不同部位及不同枝梗之穎花，其發育早晚亦有一定的次序[2]，且不同位置的穎花在生理及器官上均有其特異性[3]。然由本試驗得知，雖然不同穗位及不同枝梗上穎花的發育有早晚的關係，但以兩種不同取樣方式，其癒傷組織形成能力並無差異（表３－６），此種現象可能是一次分蘗之穗內各部位及不同枝梗上的發育均較三次分蘗早，因此不像三次分蘗，受到取樣方式所影響，由於材料缺乏，沒有三次分蘗穗內各部位及不同枝梗的比較資料，其情形如何？有待進一步研究。

本試驗的另一結果指出，在正常生長狀況下的植株，對第二次分蘗而言，癒傷組織的形成能力，發育較早的二次分蘗（早期接種），優於發育較晚的二次分蘗（晚期接種）（表７）。菸草的花葯培養 Tomes and Collin[23], Sunderland[22] Anagnostakis[14] 等均曾報導開花早期接種的花葯，其植株誘導能力較强，水稻方面，Chen and Lin 亦認為以開花初期幾天的中單核期花葯進行培養較佳[7]。觀察發育時間大致相同的末期二次分蘗與三次分蘗，均有較差的癒傷組織誘導率（約32%），以上結果顯示第二種取樣方式所造成養份的競爭現象，似乎是促成發育較晚的分蘗葯癒花傷組織偏低的主要原因。

許多報告指出，季節的變異對花葯培養造成影響[15,25]。觀察本試驗在同一培養基下，三次不同接種的花葯，癒傷組織誘導率有很大的差異（表１，３，５），此結果顯示不同時期所栽培的植株，其花葯癒傷組織形成能力各有不同，本試驗的結果特別值得注意的是70年一期作的二次接種（1981年４月及1981年５月），前後雖只差一個月，其癒傷組織形成能力相差卻高達10%左右。植株在孕穗期如遇低溫，會造成花粉母細胞減數分裂時染色體的不配對，減數分裂後的細胞膜生成受阻及 Tapetum 細胞異常發達，擴至葯腔，而阻止花粉之發育，喪失花葯機能[1]。本試驗在三次不同接種月份有不同的花葯癒傷組織誘導能力，或許是植株在孕穗期遭遇不同所造成的結果，然植株生長環境的差異

對花葯癒傷組織形成的影響，在細胞學上的證據，尙得進一步研究。

綜合本試驗對水稻花葯癒傷組織誘導能力的探討，可以發現母體植株的生長環境及植株的發育狀況，對花葯培養癒傷組織的誘導有極大的影響，利用本試驗所採用的第一種取樣方式，將使每一植株的主桿與各分蘗間，不論發育的早晚，花葯癒傷組織形成能力表現均極爲一致，如此在花葯培養進行育種選拔工作時，植株上的每一分蘗均可作培養材料，而且可延長取樣至開花末期。

参考文獻

1. 松島省三。1960。稲作の理論と技術。PP. 136-144。養賢堂，東京。
2. 島崎佳郎。1969。稲作技術圖鑑（生育と營養）。農業技術普及會出版，東京。
3. 荒井邦夫，河野恭。1978 。水稻の穗の發育に關する研究。第一報穗上位置別にみた穎花の發育の特徵。日作記。47：699—706
4. Anagnostakis, S. I. 1974. Haploid plants from anthers of tobacco-enhancement with charcoal. Planta 115：281-283.
5. Biswas, A. K. and M. A. Choudhuri. 1980. Mechanism of monocaspic senescence in rice. Plant Physiol. 65：340-345.
6. Chaleff, R. S. and A. Stolarz. 1981. Factors influencing the frequency of callus formation among cultured rice (*Oryza sativa* L.) anthers. Physiol. Plant. 51：201-206.
7. Chen, C. C. and M. H. Lin. 1976. Induction of rice plantlets from anther culture. Bot. Bull. Academia Sinica 17：18-24.
8. Chen, C. C. 1977. In Vitro development of plants from microspores of rice. In Vitro 1 3 (8)：484-489.
9. Chen, C. C. and C. M. Chen. 1979. A meth od for anther culture of rice. T. C. A. Mannal 5 (2)：1051-1053.
10. Chen, L. J., P. C. Lai, C. H. Liao and H. S. Tsay. 1982. Medium evalution for rice anther culture. *In* Plant Tissue Culture (Ed. by A. Fujiwara). pp. 551-552. Proc. 5th Intl. Cong. Plant Tissue & Cell Culture, July 11-16, 1982, Tokyo, Japan.
11. Chu, C. C. 1978. The N6 medium and its applications to anther culture of rice through comparative experiments on the nitrogen source. Sci, Sin. 18：659-668.
12. Comejio-martin, J. J. and E. Primo-millo. 1981. Anther and Pollen grain culture of rice (*Orza sativa* L.). Euphytica 30：541-546.
13. Dale, D. J. and M. W. Humphreys. 1973. Tissue culture. Rep. Welsh Plant Breeding Stat.：88
14. Dunwell, J. M. and M. E. Perry. 1973. The influence of *in vivo* growth conditions of *N. tabacum* plants on the *in vitro* embryogenic potential of their anthers. John Innes Ann. Rept. 4.
15. Engvild, K. C., I. Linde-Laurden and A. Lundquist. 1972. Anther cultures of *Datura innoxia*：flower bud stage and embryoid level ploidy. Hereditas 72：331-332.
16. Heberle, E. and J. Reinert. 1977. ᴚɹ ctsorof haploid production by isolated pollen cultures. Natuvwissenschoften 64：100-101.
17. Iyer, R. D. and S. K. Raina. 1972. The early ontogeny of embryoids and callus from pollen and subsequent organogensis in anther cultures of *Datura metal* and rice. Planta 104：146-156.
18. Nakamura, A., T. Yamada, N. Kodotani, R. Itogaki and M. Oka. 1974. Studies on the haploid method of breeding in tabacum. SA BRAO J. 6 (2)：107-131.
19. Phillips, G. C. and G. B. Collins. 1977. The influence of genotype and environment on haploid plant production from anther culture of *Nicotiana tabacum*. Tobacco Sɔi. XXIpp. 112-116.

20. Ray, S. and M. A. Choudhuri. 1981. Mobilization of metabolities from leaves to grain as the cause of monocarpic senescence in rice. Plant Physiol. 68 : 1345-1348.

21. Sunderland, N. 1973. Pollen and anther culture *In* Plant Tissue and Cell Culture (Ed. by H. E. Street). pp. 205-239. Oxford Blackwell Sci. Publ.

22. Sunderland, N. 1974. Anther culture as a means of haploid induction *In* Haploids in Higher Plants : Advances and Potential (Ed. by K. J. Kasha). pp. 91-122. Univ. Guelph, Guelph.

23. Tomes, D. T. and G. B. Collins. 1976. Factors affecting haploid plant production from in vitro anther culture of *Nicotiana* species. Crop Sci. 16 : 837-840.

24. Tsai, S. C. and M. H. Lin. 1977. Production of rice plantlets by anther culture. J. Agric. Res China 26 : 100-112.

25. Tsay, H. S. 1980. Tobacco plants formation from anther culture as influenced by the mother plants grown under different season . Jour. Agric. Res. China 29 (2) : 147-155.

26. Tsay, H. S. 1981. Effects of nitrogen supply to donnor plants on pollen embryogenesis in cultured tobacco anthers. Jour. Agric. Res. China 30 (1) : 5-13.

27. Tsay, H. S., Y. C. Teng, P. C. Lai and N. C. Chi, 1981. The culture of rice anthers of japonica x indica crosses. Jour. Agric. Res. China 30 (2) : 133-139.

28. Tsay, H. S. 1982. The microspore development and haploid embryogenesis of antherc ulture with five nitrogen doses to donor tobacco plant. Jour. Agric. Res. China 31 (1) : 1-13.

29. Woo, S. C. and I. J. Tung. 1972. Induction of rice plant from hybrid anthers of indica and japonica cross. Bot. Bull. Academia Sinica 13 : 67-69.

30. Woo, S. C. and H. Y. Su. 1975. Doubled haploid rice from indica and japonica hybrids through anther culture. Bot. Bull. Academia Sinica 16 : 19-24.

The Callus-forming Ability of Rice Anthers Originated from Tillers of Different Orders and from Spikelets of Different Positions and Branches on the Panicles.[1]

J. J. Chen[2] and H. S. Tsay[3]

Summary

The objective of this study was to compare the callus-forming ability of anthers originated from rice tillers of different orders ; spikelets at different position and branches.

Two methods of sampling panicles for anthers culture were employed. The first method was to collect panicles at the appropriate developmental stage from rice tillers of different orders within the same plant. The second method was to harvest panicles from tillers of a definite order from individual plant, vegetative organs were remained in both sampling methods.

No difference in callus-forming ability of anthers was found amoung tillers of different orders when the first method was used. By using the second method, it was found that the callus-forming ability of anthers from the tertiary tillers was lower than that from main culm and primary and secondary tillers.

Tillers developed earlier bear anthers of higher callus-forming ability than those developed later but of the same order.

No difference in callus-forming ability of anthers was found among spikelets from different position or branches of panicles. The reason of low callus-forming ability of anthers from tertiary and later developed secondary tillers was discussed.

Sampling made in May 1981 showed the highest callus-forming ability which showed that the efficiency of anthers culture was influenced by the enviroment in which the donor plants were cultured.

---

1. Contribution No. 1183 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported by a grant NSC 73-0409-B055-1 from National Science Council, ROC. The assistance of statistical analysis by Dr. C. Liu, Department of Agronomy, TARI, is acknowledged.
2. Former graduate student, Graduate Institute of Food Crops, National Chung-Hsing University.
3. Senior agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）33(4)：363～371（1984）

不同粒重水稻品種之農藝與生理性狀比較[1]

魏夢麗　劉大江[2]

摘要：試驗採用大粒型水稻品種（千粒重約 45g）Arborio 與中粒型品種臺農67號（千粒重約 25g）爲材料，於民國72年第一、二期作在田間栽培，在水稻生育期間定期調查株高與分蘗數，測定葉面積指數（LAI）與乾物質累積之變化，並分析葉片內全氮與可溶性蛋白質之濃度，以比較不同粒重水稻品種的農藝與生理特性，探討利用大粒品種之可行性。Arborio 幼苗具有極强的生長優勢，尤其在第一期作低溫與低日照環境下的生長極爲快速，顯著優於臺農67號，但其開始分蘗的時間較晚（移植後37日），在一期作的分蘗期間僅有三週左右，故分蘗數較少，又由於有效分蘗百分比低，故穗數亦少於臺農67號（分別爲14、21），可能爲限制產量的主要因子。大粒型品種生育初期的株高增長較快，但成熟期之株高 117cm 與臺農67號 113cm 差異不大。抽穗以前 LAI 之變化受分蘗數之影響很大，亦以臺農67號爲高，Arborio 品種的 LAI 多在 4 以下，對乾物質生產有不利的作用。兩品種葉片內所含葉綠素濃度相近，但在抽穗以後，Arborio之全氮與可溶性蛋白質濃度均較臺農67號爲高，唯同一時期穗重及全株乾重之增加反不如臺農67號，且對抽穗前預貯物質之依賴較高。試驗結果建議分蘗數少與後期光合能力低落爲大粒型品種 Arborio 主要缺點，今後除應選取短稈與分蘗性强之大粒種源做爲育種材料，對各項生理與栽培特性亦有詳加探討的必要。

本研究室以往的試驗報告發現[18]，大粒水稻品種 Mira 單一分蘗的生產力較中粒型品種臺農67號爲高，就每一分蘗抽穗後的淨乾物質與非構造性碳水化合物（TNC）生成量而言，推廣品種臺農67號分別較 Mira 少14—55%與36—39%，成熟時臺農67號單一穗重僅爲 Mira 之61—74%，單一穗內非構造性碳水化合物含量爲 63—80%；Mira 品種各器官全氮濃度亦顯著較高，每一分蘗吸收氮量超出臺農67號40%以上。Matsushima[13] 的研究報告提出，抽穗後追施氮肥可增加碳固定速率，有利於穗部發育及乾物質累積而增加產量。Wei *et al*[17] 發現一期作水稻於成熟期營養器官仍貯存有相當穗部總量20%的 TNC，提出一期作之貯蓄（sink）容積爲產量限制因子之假說，並認爲有藉增大粒型而增產之可能。IRRI[10] 的試驗報告亦指出產量潛能和穗部容積之間成正相關關係，穗部容積在千粒重爲 39g 之水稻有最高產量的表現。因此選擇較大穗部容積之水稻品種爲提高產量之可行途徑。

本試驗目的在探討貯儲容積較大，亦即具有較高粒重之水稻品種的田間生理表現，經由對農藝性狀的變化、氮素吸收與利用及乾物質生產與分配等有關效率問題的研究，提供大粒品種應用於現代稻作育種之參考。

材料與方法

本試驗於民國72年第一、二期作在臺中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所農場進行。試驗以手植方式栽

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1184 號。

2.本所農藝系助理與研究員兼系主任。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

培水稻臺農67號與 Arborio 兩品種，前者爲一中粒型推廣品種，千粒重在 25g 左右，後者爲一大粒品種，千粒重可達 40g 以上。行株距爲 25×25cm，一期作播種日期爲 3 月 2 日，肥料用量N：P_2O_5：K_2O 爲 110：40：40 kg/ha；二期作播種期爲 8 月 9 日，N：P_2O_5：K_2O用量爲80：40：50kg/ha。試驗採完全逢機區集設計，三重複，小區面積爲 7.4×6.4m。

水稻自移植後，於分蘖期開始每隔10日，抽穗後每隔 7 日採取地上部份植株爲樣品，每次於各小區採取10株水稻，區分爲葉片、莖稈及抽穗後穗部三部份，樣品置於 100°C 通風乾燥箱 2 小時後，以 70°C 繼續烘乾24小時，烘乾之水稻樣品測定乾物重。另採取連根稻株，每株取較大五個分蘖，以最上第二葉片爲材料行化學分析，葉片先於 Tris buffer（pH＝7.5，含 50mM Tris-HCl、1mM $MgCl_2$、5mM dithiothreitol、2% polyvinylpolypyrrolidone）中研磨，再取微量濾液以乙醇（100%）萃取後在649與665nm波長測定葉綠素濃度[19]。可溶性蛋白質濃度係依 Lowry *et al.*[12] 法分析，全氮濃度依 Semi-miro Kjeldahl 法分析。

在水稻生育過程中測定葉面積，一期作並於田間調查株高及分蘖數，成熟時調查各項產量構成要素與產量。二期作後期，大粒品種 Arborio 由於褐飛蝨爲害，倒伏情形嚴重，故實驗僅進行至抽穗後三星期即告結束。

結果與討論

在水稻育苗期間，大粒型品種 Arborio 的生長速率極明顯的較中粒型品種臺農67號爲快，尤其在1983年一期作低溫多雨與日照量不足的情況下，發芽速率、株高伸長、葉面積增加及乾物重累積等性狀表現均以 Arborio 品種爲優（資料未列出）。Osterli[14] 曾報告水稻幼苗活性與種子大小有密切關係，較大之種子具有較强之幼苗生長優勢；一般而言，由於具有充份的貯存物質供應幼苗於異養期（heterotrophic stage）生長之需要，大或重之種子有利於表現生長優勢。在低溫與低日射量等不良條件下，幼苗之異養期可能延長，對胚乳貯存物質之依賴性提高，應爲Arborio品種一期作苗期生長較快的原因之一，Li and Rutger[11] 亦曾指出在低溫（18°C）環境下，水稻的粒重與幼苗生長活力有極顯著的正相關（r＝0.61**）。但水稻種子之主要貯存物質爲澱粉，必須先經糖化水解及其他與能量代謝有關之作用方可爲幼苗利用，再經由 Arborio 品種在低溫下的快速生長推測，大粒型品種種子之酵素系統等生理活性亦可能較中、小粒型品種爲高，陳[3] 曾報告大粒水稻品種可有較重的幼苗及較高的呼吸率與硝酸還原酵素（NR）、麩胺酸脫氫酵素（GDH）活性。在探討大粒型品種應用於實際栽培或育種材料之可行性過程中，幼苗生理亦將爲本研究室的試驗項目之一。

除了具有較强的幼苗生長優勢之外，Arborio品種並具有早熟的特性，一期作於移植後72日（72 DAT）抽穗，較臺農 67 號之 86DAT 提早14日（圖 1），二期作則於 52DAT 抽穗，亦較臺農 67 號提早 8 日（圖 2 B）。Li and Rutger[11] 報告水稻粒重與幼苗生長活力有正相關，而後者又與抽穗期有極顯著的負相關（r＝－0.65**），亦即大粒品種有早熟的趨向，並建議針對粒重、早熟與高幼苗活力之選拔應爲可行；本試驗之結果與其符合，唯陳[3] 以大、中、小粒型水稻品種各三個進行試驗，仍發現部份大粒種可能晚熟及小粒種可能早熟之傾向，IRRI[9] 亦有類似的報告。

供試水稻品種於一期作的分蘖數變化情形示於圖 1 A，臺農67號的分蘖數在開始調查（33DAT）時即已迅速增加，於 69DAT 達到最高分蘖期，每株分蘖數爲 25支，其後保持平穩，抽穗以後之有效分蘖數（穗數）仍在20以上。Arborio 開始分蘖的時間較晚（37DAT），但在 58DAT 即到達最高分蘖期，每株有20支分蘖，抽穗後之穗數僅爲14，遠較臺農67號爲低。分蘖數少似爲大粒品種之特性，本研究室曾發現就單一分蘖而言，大粒型品種 Mira 的生產力較臺農67號高 35—60%，認爲有高產潛能，但由於分蘖力差，穗數不及臺農67號之一半，故仍無經濟栽培價值[18]。

檢討 Arborio 品種的分蘖特性，可知其幼苗生長雖然迅速，但開始分蘖的時間較晚，有效之分

蘗時期亦僅爲21日左右（37至58 DAT），遠較臺農 67號之 35日以上爲短（圖1 A）；林與陳[1]在臺北地區以臺南 5 號與臺中在來1號水稻爲材料，報告一、二期作之有效分蘗時期均爲30日左右，亦較本試驗Arborio之結果爲長。Arborio 在21日之間的分蘗數可由每叢4 支增至20支，平均每 1.3 日有一支新分蘗發生，亦即具有極高的分蘗速率。臺農67號的穗數（21）多於 Arborio（14），其有效分蘗百分比（83 %）亦較 Arborio（70%）爲高。綜合上述結果，可獲知大粒型品種Arborio的幼苗雖具生長優勢，但分蘗的發生較遲；雖具較高的分蘗速率，但由於分蘗時期過短及有效分蘗百分比較低，致使穗數減少，無法有高產的表現。

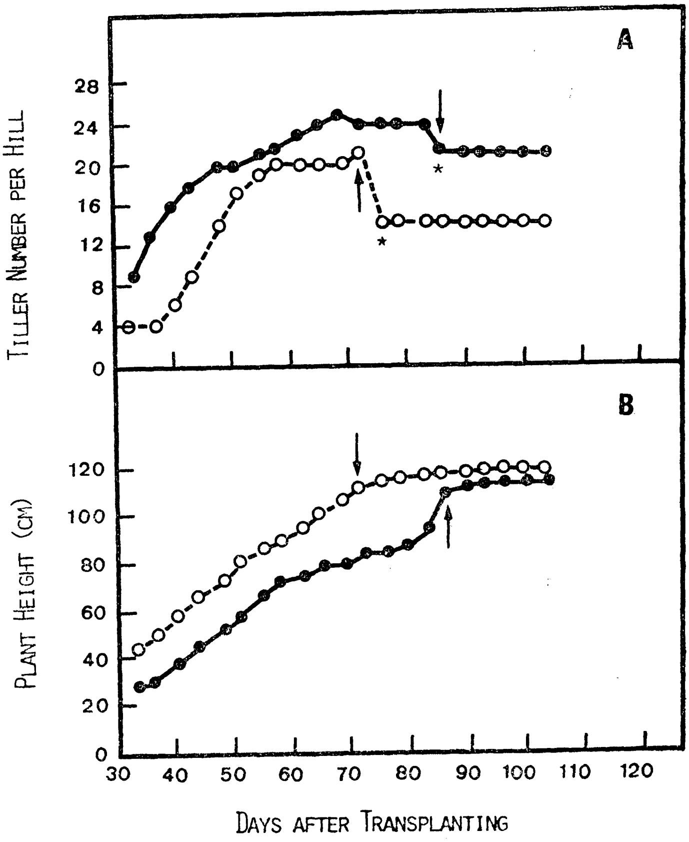


Fig 1. Changes of tiller number (A) and plant height (B) of developing Tainung 67(●) and Arborio (O) rice plants in the first crop season. Arrow indicates the time of heading.

*: only the panicle-bearing tillers are counted after heading.

移植後Arborio品種株高之增加亦頗爲快速（圖1B），在抽穗（72DAT）以前，植株均較臺農67號高約 20—30cm，但在臺農67號抽穗以後，品種間之差異即較不明顯，Arborio 之株高爲117cm，臺農67號爲113cm，換言之，水稻粒重與成熟植株高度並無一定之相關性。植株過高爲一不良株型，IRRI[9] 建議合併短稈（半矮性）與大粒型爲一可大幅提高水稻產量潛能之組合，但 Li and Rutger[11] 指出雖然兩性狀的相關係數不高（r＝0.19*），但經由多項偏相關分析顯示環境效應或非累加性基因效應粒重與株高具有同方向的作用，因而建議育種選拔時應予愼重選擇材料，換言之，以矮性大粒種源爲親本應較有成功的可能。

第一、二期作水稻品種生育期間葉面積指數（LAI）的變化示於圖2，一期作臺農67號的 LAI 自移植後迅速增加，在 68DAT 時最高，可達6.4左右，此一時期相當於最高分蘗期（圖1 A），顯示 LAI 的增加與分蘗數目有密切的關係；其後 LAI 又迅速下降，至抽穗時約爲 4.0，在穀粒充實期間繼續降低，100DAT（抽穗後14日）時僅有2.2。在 58DAT（約相當於最高分蘗期）之前，Arborio 品種的 LAI 與臺農 67號相近，由於分蘗數較少，顯示 Arborio 的葉片較大；其後 LAI 雖繼續上升，但速率不及臺農67號，於抽穗期達到最高值，LAI 亦僅爲4.7，抽穗後 LAI 直線下降，收穫以前只有1.2。Arborio 品種的表現與早熟中粒型水稻品種相似，依據蔡[5]的報告，臺農67號等中熟品種在一期作多於孕穗期有最高的 LAI，而早熟秈、稉稻品種的 LAI 則於抽穗期達到最高值，與本試驗的結果相符合。Arborio 具有株型較高與葉片較大等特性，在生育初期之分蘗數雖較臺農

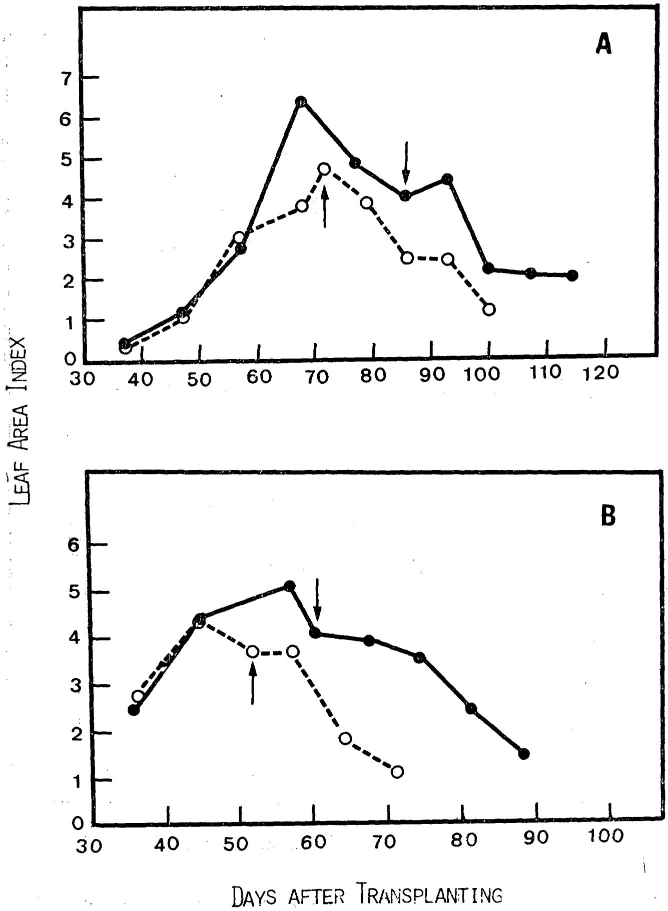


Fig 2. Changes of leaf area index of developing Tainung 67 (●) and Arborio (O) rice plants in the first (A) and second(B) crop seasons. Arrow indicates the time of heading.

67號爲少，但 LAI 則幾乎相同，唯自 58DAT 之後，LAI 顯著低於臺農67號，顯示較大的葉片並不足以彌補分蘖數少以提供適當的LAI，爲乾物質生產與穀粒產量不及臺農67號的原因之一。

二期作的 LAI 變化趨勢（圖1B）與一期作有異，臺農67號在57DAT（約相當於孕穗期）的數值最高（5.1），抽穗時降至4.1，在抽穗後14日開始又快速下降，成熟期的 LAI 僅爲1.5。Arborio 亦於抽穗以前有最大的LAI，45DAT時爲4.4，抽穗時下降至3.6，其後由於褐飛蝨爲害嚴重及植株老化而使 LAI 驟降，在抽穗後21日僅爲 1.1 左右。綜合兩期作 LAI 結果，顯示一期作的 LAI 高於二期作，臺農67號又高於 Arborio 抽穗以後的葉積（leaf area duration）亦於臺農67號爲高，可能對產量表現造成影響，謝[6]指出水稻抽穗以後，LAI與作物生長速率（CGR）有正相關，如能持續保持LAI，亦即有較高的葉積，必然對產量有利。

在本試驗測定葉綠素濃度的時間範圍內，一期作臺農67號在 69DAT 濃度爲 2.45mg/g.f.w. 抽穗期降至2.10，97DAT 濃度最高（2.70），以後隨生育日數之增加而逐漸下降。Arborio 在測定初期（72DAT）的葉綠素濃度最高，達 2.76mg/g.f.w. 又在 90DAT 時出現另一高峰，之後直線下降（圖3A）。一期作在90DAT以前，兩品種之葉綠素濃度相當，但由於 Arborio較早熟，抽穗時較臺農 67 號含有較多的葉綠素（分別爲2.5 與 2.1mg/g.f.w.）。抽穗後葉綠素濃度續有變化，但在10—14日之後兩品種均表現急速下降的趨勢。第二期作的分析主要集中於穀粒充實期間（圖3B），臺農 67 號葉綠素濃度於抽穗以後雖亦逐漸下降，但幅度較小，速度亦極緩慢，在收穫以前均維持於1.3mg/g.f.w. 以上；Arborio 則於抽穗後一週開始迅速降低，係正常之生理表現或褐飛蝨爲害所致，尚難加以確定。

有關不同粒重水稻品種生理性狀比較的報告極少，但由本試驗觀之，二品種葉綠素濃度的差異不大，與林[2]的測定結果相近。品種間最大的不同爲一期作抽穗以後，Arborio 含有較高葉綠素濃度的時間較長，二期作則以臺農 67號的表現較佳；Oritani *et al.*[16]曾指出水稻光合作用能力與葉綠素濃度有顯著的正相關（r=0.643*），魏與劉[7]並認爲臺灣水稻於穀粒充實期間的光合成作用對產量極爲重要，上述二品種的差異是否代表生理活性的優劣，值得予以注意。但臺灣地區水稻產量以二

期作爲低，而圖 3 的資料又顯示二期作臺農67號生育後期葉綠素濃度的降低較爲平緩，似又表示較不易老化，蔡[5]在臺中地區進行試驗獲致相同結果，唯亦未能提出解釋。

葉片含氮濃度爲重要的生理指標，Chen *et al.*[8] 並建議氮素的組成 (composition) 尤具意義。圖 4 所示爲供試二品種部份生育期間葉片含氮與可溶性蛋白質濃度的比較，結果顯示在試驗期間品種間的氮濃度差異不大，二期作生育後期以臺農67號稍高 (圖 4 B)，Wei *et al.*[18] 以大粒型品種 Mira 爲材料，得知抽穗以前的氮濃度較臺農67號高30 %左右，但抽穗後濃度降低亦較迅速；若同以抽穗期之數值進行比較，本試驗亦有相同的結論，顯示大粒型水稻品種含氮較多。在可溶性蛋白質方面，一期作抽穗以後相同生育期均以 Arborio 爲高，但二期作則相反；期作間比較則以二期作稻含有較高的可溶性蛋白質濃度，尤以臺農67號在穀粒充實後期的降低較爲平緩 (圖 4 A) 。水稻葉片中可溶性蛋白質總量的50%係由 Ru Bp Carboxylase 一種酵素組成[15]，Oritani *et al.*[16] 亦證明光合作用能力與可溶性蛋白質含量有極顯著的正相關 (r＝0.847**) ，但在探討大粒型品種含氮與可溶性蛋白質較多是否亦具有高光合成能力時，可能需要更多的試驗證明，諸如氮利用效率 (N use efficiency) 、呼吸作用及對環境因子的反應等，都應先加瞭解。

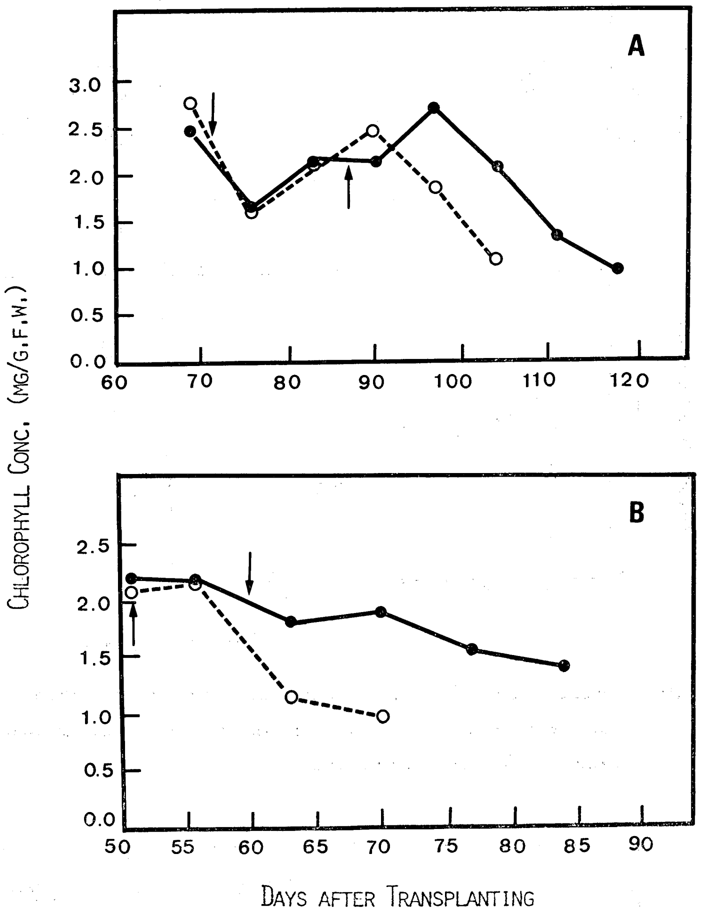


Fig 3. Chlorophyll concentration in the leaf blades of developing Tainung 67 (●) and Arborio (O) rice plants in the first (A) and second (B) crop seasons. Arrow indicates the time of heading.

乾物質生產爲植物各項生理活性的綜合表現，本試驗一期作的結果 (圖 5) 顯示抽穗以前葉片乾重的變化趨勢與分蘖數的表現相似，亦即葉片乾物質累積受到分蘖數多寡的影響，兩者同以臺農67號爲高；抽穗期以前的莖稈乾重則以 Arborio 較高，顯示雖然分蘖較少，但單一分蘖則可累積較多的乾物質，與 Wei *et al.*[18] 的結果相同；抽穗後一週內莖稈乾重繼續增加，應爲非構造性碳水化合物 (TNC) 積存的結果[8]；其後稈重降低，表示預貯性碳水化合物向穗部轉移，以供應穀粒充實的需要[20]，Arborio 稈重於此一期間的下降幅度較臺農 67 號明顯，而其穗重增加較少 (圖 5) ，暗示大粒型品種預貯性碳水化合物對產量的貢獻 (pre-heading contribution to grain yield) 較爲重要。

成熟期 Arborio 每株穗重爲 25g，低於臺農67號之 33g，亦即產量不高，並無直接利用的價值，Wei *et al.*[18] 證明以單一分蘖爲單位大粒水稻品種，具有較高的乾物質生產能力與產量表現，本

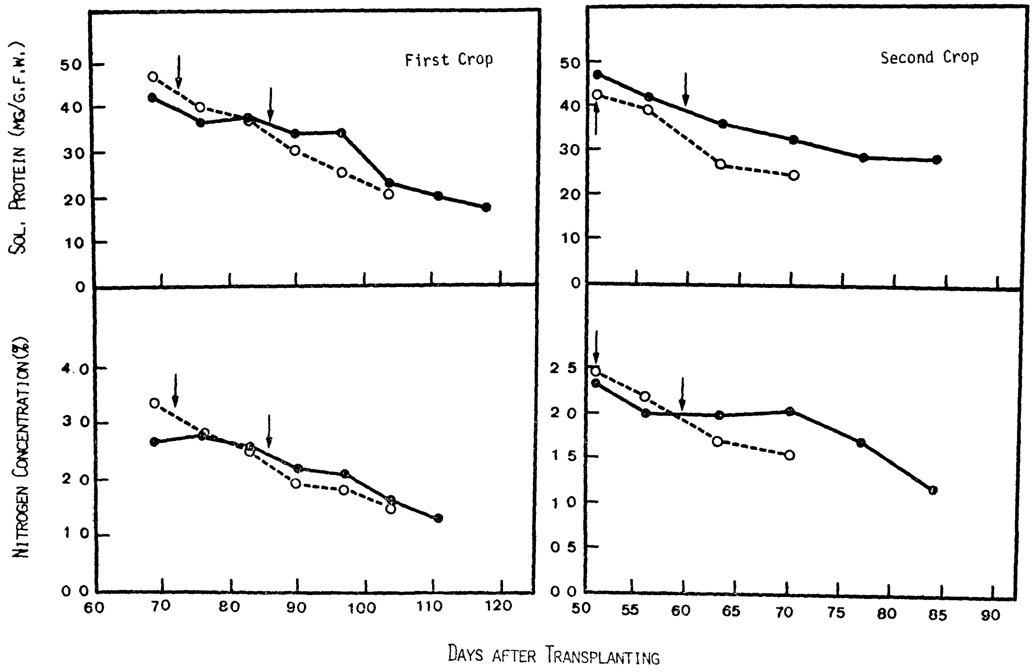


Fig 4. Concentration of soluble protein and N in the leaf blades of developing Tainung 67 (●) and Arborio (O) rice plants in the first (left) and second (right) crop seasons. Arrow indicates the time of heading.

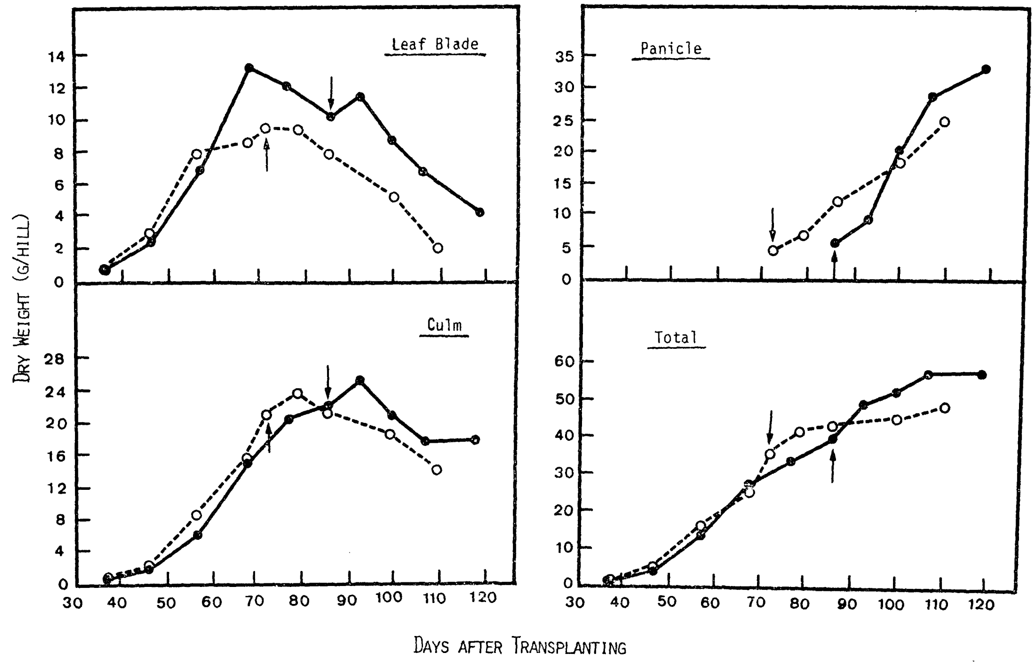


Fig 5. Changes of dry weight of rice plant fractions durinsg the growth courses in the first crop season. ● : Tainung 67, O : Arborio, arrow indicates the time of heading.

試驗也有相同的結論。大粒型品種的部份缺點爲分蘖數少與收穫指數（harvest index）低（圖5），且抽穗至成熟期間全株乾物質增加不多（圖5），爲今後利用大粒型水稻種源應注意的問題。此外，Arborio 品種生育後期含有較多量的氮素與可溶性蛋白質（圖4），卻不能生產較多的乾物質，故對氮素與碳素之間相互作用的關係，亦有再予探討的必要。

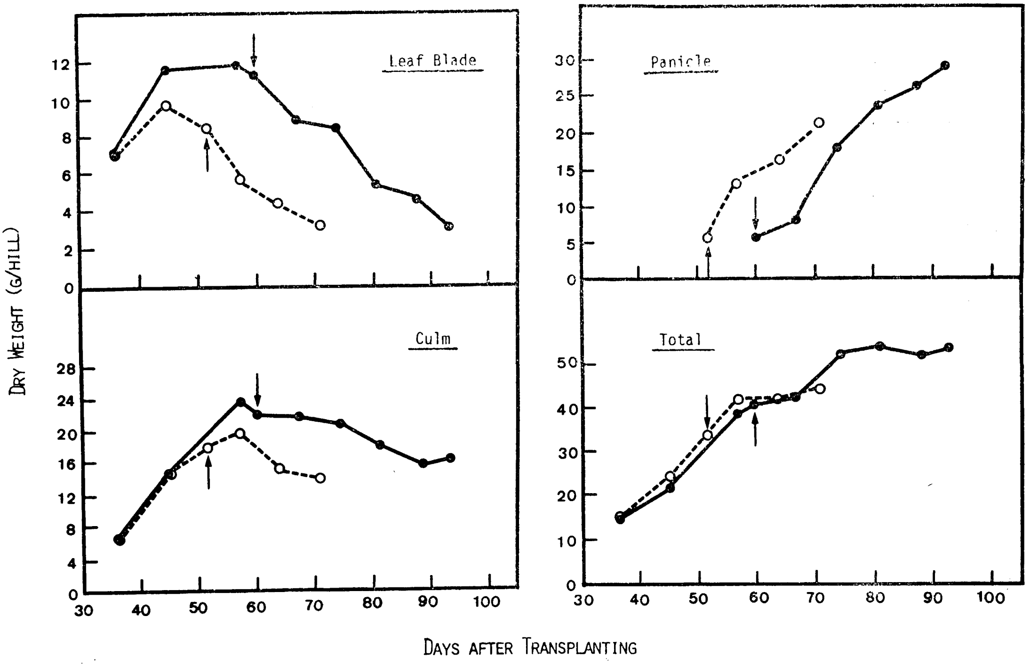


Fig 6. Changes of dry weight of rice plant fractions during the growth courses in the second Crop season. ● : Tainung 67, O : Arborio, arrow indicates the time of heading.

第二期作乾物重變化的情形示於圖6，葉片的乾重在抽穗時即已開始降低，兩品種的表現相同，但臺農67號每株葉重顯著較 Arborio 爲高，與LAI 的變化趨勢（圖2）極爲符合。稈重於移植後逐漸增加，亦於抽穗前後達到高峰，隨後均逐漸降低；自 Arborio 抽穗以後，其稈重顯然不及臺農67號，與一期作的情形有異。可能由於褐飛蝨爲害，Arborio 穗重在三週時間內增加約 16g，不如臺農67號在穀粒完全充實期間所增加之 23g。與一期作表現相同，Arborio 在抽穗後全株乾物質增加量亦較臺農67號爲少。 Wei *et al.*[18]，指出大粒品種之羣落生產力在一期作爲臺農67號之70%左右，在二期作則與臺農67號相同，因而認爲 Mira 可能爲一適應二期作栽培環境的品種；本試驗中 Arborio 品種的分蘖、葉面積與乾物質生產等農藝性狀均不如臺農67號，第二期作的差異尤爲顯著，又對褐飛蝨完全不具抵抗性，並不適宜於二期作栽培。

綜合各項試驗結果，大粒型水稻品種 Arborio 苗期具有極强的生長優勢，在低溫與低日照量的情況下仍能有快速的生長，但其分蘖之發生較慢，分蘖時間短且有效分蘖百分比不高，故分蘖數與穗數偏低，葉面積指數不足，影響乾物質生產與產量表現，在第二期作尤爲明顯。大粒型品種葉片含有較多的氮素與可溶性蛋白質，但抽穗以後的淨光合成能力仍較中粒型品種臺農67號爲差，亦即葉片部位較高的生理活性並不能反應於乾物質的累積。利用大粒特性仍爲可能之有效增產途徑，今後除應對大粒型水稻品種之生理特性詳加瞭解之外，應選擇矮性與分蘖力强之種源予以利用；又臺灣目前稻米生產過剩，可考慮利用晚熟性大粒品種爲育種材料，提高水稻生產潛力，在部份地區採用每年一期稻作之栽培制度，兼收增加農民收益與土地利用效益之效。

引用文獻

1.林安秋、除建山。1976。第二期稻作低產原因之研究Ⅰ.一、二期作水稻之分蘖特性比較。科學發展 4 ：2791 | 2808。

2.林安秋。1979。一、二期作水稻羣落光合作用之比較。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」（謝順景、劉大江主編）。國科會研討會專集第2號，臺北。

3.陳宗禮。1981。水稻幼苗優勢之生理與遺傳研究。國立中興大學糧食作物研究所碩士論文。

4.蔡承良。1975。臺灣第一、二期水稻數種生理特性之比較研究。國立中興大學糧食作物研究所碩士論文。

5.蔡金川。1984。水稻葉面積指數與產量之關係。中華農業研究33（2）（排印中）。

6.謝昱暐。1979。一、二期作水稻之生長與光合作用構成因子。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」（謝順景、劉大江主編）。國科會研討會專集第2號，臺北。

7.魏夢麗、劉大江。1983。期作間水稻光合成物質生產、分配及產量之比較。中華農業研究 32（4）：303—311。

8. Chen, C. S., D. D. Huang, M. C. Shen and D. J. Liu. 1980. Carbohydrate, N, P and K status of developing rice (*Oryza sativa* L.) plants grown in the first and second crop seasons in Taiwan. J. Agri. Res. China 29 : 81-92.

9. International Rice Research Institute. 1976. Annual report of 1975. pp. 22-25. Los Banos, Philippines.

10. International Rice Research Institute. 1977. Annual report of 1976. pp. 18-20. Los Banos, Philippines.

11. Li, C. C. and J. N. Rutger. 1980. Inheritance of cool-temperature seedling vigor in rice and its relationship with other agronomic characters. Crop Sci. 20 : 295-298.

12. Lowry, W. M., N. J. Rosebrough, A. L. Farr and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193 : 265-275.

13. Matsushima, S. 1976. High-yielding rice cultivation. pp. 323-324. University of Tokyo Press, Tokyo.

14. Osteri, P. P. 1972. Methods of evaluating seedling vigor in rice varieties and related F_4 lines. M. S. thesis, University of California, Davis.

15. Schmitt, M. R. and G. E. Edwards. 1981. Photosynthetic capacity and nitrogen use efficiency of maize, wheat and rice : a comparison between C_3 and C_4 photosynthesis. J. Exp. Bot. 32 : 459-466.

16. Takashi, O., E. Toshiyasu and R. Yoshida. 1979. Studies on nitrogen metabolism in crop plants. XVI. Changes in photosynthesis and nitrogen metabolism in relation to leaf area growth of several rice varieties. Jap. J. Crop Sci. 48 : 11-16.

17. Wei, M. L., M. C. Shen, C. S. Chen and D. J. Liu. 1982. Physiological study of rice tillers. I. Partition of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates during grain-filling. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC (A) 6 : 190-196.

18. Wei, M. L., Y. C. kuo and D. J. Liu. 1984. Physiological studies of rice tiller. II. Productivity of varieties differing in grain volume. Jour. Agri. Res. China 33 (1) : 12—23.

19. Wintermans, J. F. G. M. and A. De Mots. 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls and their pheophytins in ethanol. Biophys. Acta 109 : 448-453.

20. Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. Ann. Rev. Plant Physiol. 23 : 437-464.

Comparison on Some Agronomic and Physiological Characteristics between Rice Varieties Differing in Grain Weight[1]

M. L. Wei and D. J. Liu[2]

Summary

One large-grain rice variety, Arborio (1,000-grain-weight of 45g), and one medium-grain variety, Tainung No. 67(1,000-grain-weight of 25g), were used in this experiment. Some agronomic and physiological characteristics were determined during the growth course of the rice plants in both the first and second crop seasons. Seedling vigor of Arborio was significantly stronger than that of Tainung No. 67, especially under the conditions of low temperature and low solar radiation during the first crop of 1983. The initiation of tillering was late and the effective tillering duration was short for Arborio and hence the large-grain variety had fewer tiller number when compared with Tainung No. 67. Panicle number was also fewer for Arborio as a consequence of lower percentage of effective tiller. Leaf area index (LAI) before heading was strongly affected by tiller number. LAI of Arborio was generally below 4.0 and unfavorable effect on dry matter production was thus suggested. The two varieties contained similar chlorophyll concentration whereas Arborio had higher concentrations of total nitrogen and soluble protein, particularly during grain-filling. However, the dry weight increase of both panicle and total plant was inferior during the same period and the dependence of yield to pre-heading storage was more apparent for Arborio. Experimental results indicated that poor tillering ability and lower photosynthetic production during grain-filling were the major hindrances in utilizing large-grain varieties for commercial culture. Short-statured, large-grain germplasm with more tiller number was suggested as useful breeding material in improving the yield potential of rice crop.

---

1. Contribution No. 1184 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Respectively, Research Assistant and Senior Agronomist and Head, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 33(4)：372～376 (1984)

甜高粱品種秋植與宿根生育特性比較[1]

邱善美　　胡敏夫[2]

摘要：本試驗以28個甜高粱品種在1982年秋季（9月14日）種植，子實成熟收穫後即行宿根栽培，以探討不同耕作方式及生育環境對生質產量（biomass production）及錘度（brix）等之影響。結果顯示生質平均產量，不論品種爲何，秋作（37.6kg/10m²）概較宿根（22.1kg/10m²）爲高，其主要原因乃由於在宿根之生長環境下導致莖長及葉數的下降。莖汁平均錘度也以秋作（8.3%）高於宿根（7.4%）。自性狀間相關獲知，生質產量（秋作或宿根）與莖高及種子收量呈極顯著正相關、與葉數呈顯著正相關。莖汁之平均錘度與下、中、上部莖錘度之相關極高（0.82—0.99），因此測定其中某一部位的錘度或即具代表性。

甜高粱〔*Sorghum bicolor* (L.) Moench〕係一種耐旱、耐瘠、生長快速、適應性廣、管理方便及可以宿根栽培的糖類作物。生育期約爲甘蔗的四分之一，而含糖率高達16.85%[(1)]。臺灣糖業研究所曾自美國引進若干品種作栽培試驗及進行甜高粱汁醱酵試驗，結果顯示在本省南部之自然環境下頗適於甜高粱的種植[(1)]。但由於汁中含糖純度不足及澱粉與附子酸（aconitic acid）含量高之影響，認爲用於製糖困難較大，但用作酒精醱酵則屬可行，而其能源比接近甘蔗。

嗣後由於1973年中東地區發生以阿戰爭，產油國家以禁運石油爲武器，造成石油危機。復由於二伊的衝突，石油減產，促使世界能源發生困難，導致經濟萎縮，因此研究替代能源作物，以克服其困境，乃成爲學者追求的目的。

本所於1981年自哥倫比亞及美國德州引進甜高粱品種（系）35種，經種子繁殖及初步性狀觀察，除去同種而來源不同及生育不良者7品種外，餘下之28品種在1982年秋進行栽培試驗，其目的在探究該等品種（系）對本省環境的適應性，比較各品種的生質產量（biomass production）及宿根栽培對各性狀的影響，進而選育適於本省栽培的品種，供今後以甜高粱作爲替代能源栽培之參考。

材料及方法

供試之甜高粱品種（系）共28個，分別爲 IN4、IN10、UI6、CITCA、Rio、M81E、Dale、Brandes、Wray、Keller、Roma、Sumae 6550、African millet、Sugar drip、BT×623、At×623×Rio、At×623×Brandes、At×623×74 CS 5388、At×623×Wray、At × 623×Sco 599-11E、Atlas×Rio、At×623×Sugar drip、Atlas ×Sumae 6550、Atlas×Brandes、Atlas×Negari、Atlas×African millet、At×623×P-3與RT×430 TM。以上28個品種（系）中，IN 4, IN10 及 UI6 係臺中區農業改良場供給，其餘品種（系）概爲美國德州農工大學 Dr. Fred Miller 所提供。

上述28個甜高粱品種（系）均於1982年9月14日播種，順序排列，行長5m，行株距50×20cm，4行區，2重複。穴播，每穴播4～5粒種子，發芽後行間拔，每穴留苗1株，肥料用量 N-P_2O_5-

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1185 號。本試驗供試種子承美國德州農工大學副教授Dr. Fred Miller供給；資料承劉清博士協助統計分析，謹致謝忱。

2.本所農藝系副研究員與助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

K_2O 爲 120-80-60kg/ha 過磷酸鈣全量爲基肥，硫銨及氯化鉀分二次等量爲基肥及追肥，其他田間管理工作概依高粱栽培方法適時進行。種子成熟後按供試品種別隨機調查各品種10株之莖長，莖徑（距基部約20cm處），葉數及莖汁錘度（brix），同時進行收穫，秤量鮮生質產量及乾種子收量。

每品種收穫後即行宿根栽培，施肥量N-P_2O_5-K_2O 爲 100-60-50kg/ha ，一次全量施用，施肥後即行培土中耕一次，調查項目同前。

結果與討論

本試驗係於1982年 9 月14日播種，同年12月下旬各品種全部收穫完畢，生育日數爲 84～102天，收穫後即行宿根栽培，至1983年 5 月中旬收穫完成，生育日數爲122～146天，二者相差38～44天，其原因可能係由於生育期受冬季低溫之影響。經分別調查秋作及其宿根10支的莖長、葉數、莖徑及莖汁錘度等性狀之結果列如表 1 ，變方分析列如表 2 。

自表 1 知，在秋作之生育環境下，28個供試品種之平均莖長爲218.1cm，其中以品種 Keller最高（282.3cm), At×623 ×Sco 599-11E 最矮（133.6cm）。莖長在 200cm 以上的品種有21種（Keller, Wray, CITCA等），佔全部供試品種之75%，次長者（198cm左右）有 2 品種（7.1%），125-175cm 之間者 5 品種（17.9%）。在宿根的培育環境下，莖長在 200cm以上者僅有 At×623×Sugar drip及Atlas×Sumae 6550 2 個品系，該 2 品系在秋作，莖長也在 200cm以上，但在宿根栽培之情況下仍較秋作爲矮（分別矮 53cm及21cm）。其他各供試品種亦呈明顯的下降。所有宿根品種之平均莖長爲 165.1cm（表 1 ），約較秋作減少 53cm，顯示秋作較宿根有利於莖的伸長。耕作方式間差異達極顯著水準（表 2 ）。

Table 1 : The agronomic characteristics of sweet sorghum under different cultural practices (mean of 28 cultivars/lines).

Culture practice	Stem height (cm)	No. of leaves	Stem diameter (cm)	Brix	Biomass production (kg/10m^2)	Seed yield (kg/10m^2)
Autumn	218.1	7.8	1.52	8.30	37.6	1.57
crop	(282.3-133.6)[a]	(6.8-6.3)	(1.8-1.2)	(15.8-2.40)	(51.1-12.2)	(3.4-0.2)
Ratoon	165.1	6.2	0.95	7.70	22.1	1.54
	(218.5-135.4)	(7.7-4.7)	(1.5-0.5)	(14.0-2.2)	(37.0-11.7)	(3.2-0.2)

a Numbers in the parentheses are the ranges of the tested cultivars/lines.

葉數係於收穫時以其莖稈仍存的葉片（含枯葉）爲調查對象。結果顯示，在秋作之栽培環境下，Wray、Keller、At×623×Wray等13 個品種之葉數，概在8.1～8.8之間，佔全部供試品種的 46.4%、葉數在7.0～7.9之間者有11品種，佔39.3%（Rio、M81E、Sumae 6550等），6.0～6.9之間者有 4 品種，佔 14.3%（Atlas×Negari、At×623×Sco 599-11E）等）。28個品種之平均葉數爲7.8葉（表 1 ）。經宿根栽培後，未發現有任何品種具有 8 個葉片者， 此可能由於在宿根栽培之情形下，莖長降低所導致之結果。因此，大多數品種的葉數在5.1～5.9之間，佔全部的42.9% （CITCA、Rio、Dale等），次多的爲6.0～6.9之間有 9 品種（Keller、Wray等），佔 32.1%，7.0～7.9之間者有 6 品種（IN4、At×623×Sugar drip等），佔21.4%，品種IN4之葉片數最少，僅有4.7葉。耕作方式間差異達極顯著水準（表 2 ）。

Table 2 : Analysis of variance for biomass production and related characters of sweet sorghum.

Source	D. f.	Stem height	No. of leaves	Stem diameter	Brix	Biomiss production	Seed yield
Culture practice	1	655.90**	39.71**	1,152.38**	0.35	132.74**	0.03
Variety	27	20.44**	2.70**	3.26**	1.61	6.25**	5.59**
C×V	27	5.73**	1.52	2.19**	1.99	4.45**	4.42**

*,**Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

莖稈的粗細在秋作栽培時以At×623×Sco 599-11E最大（1.8cm），次爲 At×623×74CS5388及At×623×Wray（1.7cm），UI6、Dale、Brandes等15個品種之莖徑在 1.5-1.7cm之間，而以IN10及IN4等之莖徑最小（1.3cm）。28個品種莖徑的平均值爲 1.52cm。宿根試驗結果顯示，莖徑在1.0-1.48cm之間者有10種（UI6、Dale、Keller等）佔全部品種之35.7%，在0.9-1.0cm之間有 6品種（Rio、Brandes、Wray 等）佔 21.4 %，其餘品種概分布在 0.5-0.89cm 之間，平均莖徑爲0.95cm，秋作亦優於宿根，耕作方式間亦達極顯著的水準（表 2）。

生質產量（鮮重）係鮮莖重、鮮葉重和鮮種子重之總和（爲便於比較起見，在表 1 及表 2 均列有種子收量，而實際的生質產量已包含了種子收量），據秋作資料顯示，在28個供試品種中計有14個品種顯示高產，其生質產量在42ton/ha以上，其中尤以Brandes和 Sugar drip 二品種產量最高，分別爲51ton/ha及49ton/ha，而以BT×623最低，僅有 22ton/ha。各品種之種子收量依品種及鳥的嗜食性差異頗大，如Brandes之種子收量達3300kg/ha，而 IN4僅得 50kg/ha，差別頗鉅。影響種子收量主要因子除品種外最重要的是鳥害。在宿根的生育環境，生質產量普遍下降，其減產率高達59%，但Brandes、Roma及Keller等 3 品種之生質量仍達28ton/ha之多。

莖汁錘度（brix）係使用手提糖度計（hand refractometer），於收穫之當日，隨機選取之 10 支莖，切成上、中、下、三部份分別測定之。在秋作之環境下，莖汁錘度以下部莖（靠基部）較低（7.6），中（8.5）上（8.9）部近似，宿根栽培適相反，下部（8.2）高於中（7.7）上部（7.3）。若以耕作方式分別比較，秋作之平均錘度（8.3）高於宿根（7.4），但差異未達顯著水準。

在28個供試品種中不論係秋作或宿根，其錘度之平均值以Keller、Dale、Wray及 Brandes四品種較高，分別爲15.0、14.6、14.6及14.2，似較穩定，但概較國外資料偏低[3,4]。據 Broadhead[6]指出，甜高粱莖汁錘度之高低受套袋或除去頂葉之影響至鉅，凡套袋或去頂葉之莖，錘度顯較不去頂葉或套袋者爲低。又種子成熟後 3～4 星期再行收穫者錘度及蔗糖（Sucrose）皆顯著的下降[3]。本試驗由於採種的關係，在抽穗期大部份之植株均加以套袋，以保持種子純度，此舉可能影響錘度的正常表現。而構成不同栽培方式間差異的原因，也可能係受不同耕作方式間，環境對其生理及發育等所影響。

各性狀間之相關列如表 3 。表中上三角形部份爲秋作，下三角形部份爲宿根。自表中發現不論是秋作或宿根，生質產量與莖長、種子收量呈極顯著正相關，葉數呈顯著正相關，此顯示甜高粱之生質產量主要是受莖長及種子收量所控制，次爲葉數。藉此結果或可作爲選育甜高粱之參考。

莖汁錘度分成下、中、上三部份分別測定之目的，在探討各部位錘度之變異性以供今後測定時取樣的參考。自表 3 獲知，平均錘度與下、中、上部莖錘度之相關呈極顯著正相關，顯示任測某一部位莖汁之錘度即具代表性，此將可作爲測定甜高粱莖汁錘度的參考。

Table 3 : Correlation coefficients among biomass production and agronomic characters in autumn (upper triangle) and ratoon (lower triangle) crops.

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
X_1 [a]		0.22	−0.14	−0.06	0.00	0.05	0.14	0.75**	0.37**
X_2	0.33		0.25	0.14	0.16	0.18	0.16	0.33*	−0.03
X_3	0.39** [b]	0.12		0.07	0.06	0.05	0.06	0.009	−0.06
X_4	−0.09	−0.21	0.02		0.99**	0.97**	0.99**	0.02	−0.42**
X_5	−0.05	−0.18	0.15	0.85**		0.99**	0.99**	0.07	−0.44**
X_6	0.01	−0.13	0.26*	0.82**	0.94**		0.99**	0.09	−0.44**
X_7	−0.05	−0.19	0.15	0.92**	0.96**	0.94**		0.08	−0.42**
X_8	0.50**	0.30*	0.26	−0.17	−0.21	−0.16	−0.19		−0.40**
X_9	0.20	0.04	0.25	0.19	0.16	0.23	0.20	0.0.45**	

[a] x_1=Plant ht.
x_2=No. of leaves
x_3=Stem diameter
x_4=Brix of the lower portion of stem.
x_5=Brix of the middle portion of stem
x_6=Brix of the uppre portion of stem
x_7=Average brix of stem
x_8=Biomass production
x_9=Seed yield
[b] *,**Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

參考文獻

1.夏雨人、劉明雄1973，製糖用甜高粱栽培之研究，臺灣糖業研究所研究彙報第61號：43—57。

2.劉清，何惠、曹紹徽1983，水稻農藝性狀取樣方法之研究，I、期作間之比較，中華農業研究32（2）：122—128

3. Broadhead, D. D. 1969. Sugar production from sweet sorghum as affected by planting date. after-ripe harvesting and storage. Agron. J. 61 : 811-812.

4. Broadhead, D. D. 1972. Effect of planting date and maturity on juice quality of Rio sweet sorghum. Agron. J. 64 : 389-390.

5. Broadhead, D. D. 1972. Effect of stake chopping on leaf removal and juice quality of Rio sweet sorghum. Agron. J. 64 : 306-308.

6. Broadhead. D. D. 1979. Influence of bagging sweet sorghum panicles on stalk yield and juice quality. Crop Sci. 19 : 195-196.

7. Escalada. R. G. and D. L. Plucknett. 1975 . Ratton cropping of sorghum. I. Origin time of appearance and fate of tillers. Agron. J. 67··473-478.

8. Shih, S. F., G. J. Gascho and G. S. Rahi. 1981. Modeling biomass production of sweet sorghum Agron. J. 73 : 1028—1031.

Performances of Agronomic Characters and Biomass Yield of Sweet Sorghum in Autumn and Ratoon Plantings[1]

S. M. Chiu and M. F. Hu[2]

Twenty-eight sweet sorghum cultivars/lines were planted in the autumn season (Sept. 14) of 1982 and their ratoon crop was followed after harvest. The purpose of this study was to compare the biomass yield and the agronomic characters between different cultural practices. Results showed that average biomass yield of the 28 entries was higher in the autumn crop (37.6kg/10 m^2) than in the ratoon crop (22.1kg/10m^2). The low yield of ratoon crop was presumed to be related to the decreases in stem length and the number of leaves. Stem brix value was also higher for the autumn crop (8.3) than for the ratoon crop (7.4). For both crops, the yield of biomass was closely correlated with stem hight, seed yield and the number of leaves. The mean brix of the stem was found highly correlated with the brix values of the upper, middle or lower portions of the stem (0.82-0.99), indicating that any part of the stem can be used as material for the determination of stem brix.

1. Contribution No. 1185 from Taiwan agricultural Research Institute.

2. Agronomist and research assistant, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 33(4)：377～386 (1984)

大豆植株營養要素之累積與分佈

Ⅱ. 全生育期磷、鉀與鎂之濃度變化

王強生[2]　魏夢麗[3]　劉大江[3]

摘要：於民國70年夏作與71年春作栽培大豆高雄3號及十石二品種，在各生育期分析植株器官磷、鉀與鎂素濃度，於期作間進行比較，並探討與產量間的關係。試驗結果顯示春、夏作二品種植株各部位三項要素濃度均在合理範圍內，亦即供試植株之營養正常。春作大豆營養器官（葉片、葉柄、莖稈與根）磷、鉀及鎂濃度均較夏作爲高，尤以葉片的表現最爲明顯。營養器官要素濃度均於種子充實期間下降，幅度以夏作較爲顯着，係營養要素再轉移至種子的結果，唯一之例外爲葉柄鎂濃度變化，於種子充實期間急劇升高，推測與器官之老化及離層之產生有密切關係。生殖器官所含三項要素濃度亦以春作略高，莢果壁磷、鉀濃度於種子開始充實以後逐漸下降，有明顯的再轉移現象，但同一期間鎂濃度則迅速升高。同一期作兩品種植株各部位磷、鉀與鎂濃度變化趨勢相似，顯示大豆營養要素的吸收與轉移受環境因子之影響甚大。春作大豆植株營養要素濃度雖高於夏作，但種子產量較低，表示如在合理範圍內，要素濃度高低與產量並無明確關係。試驗結果並建議臺中地區春作各項環境因子不利於大豆種子生產，從而限制營養要素再轉移至種子，導致生育後期營養器官內有較高的元素濃度。

各種營養要素對作物產量的直接効益雖難予以精確估計，然而營養要素對於植株生長發育、各器官正常功能之維持及代謝作用之進行的重要性已被證實，Ojima *et al.*[24] 與 Boote *et al.*[7] 發現大豆葉片磷濃度和光合作用速率呈正相關，缺磷時光合作用速率即下降； Ozanne[25] 認爲這種光合能力降低可能與醣類累積有關，因爲缺磷時醣類的轉化 (conversion) 與轉移 (translocation) 都受到影響。Bethlenfalvay and Yoder[6] 與 Cassman *et al.*[8] 發現缺磷可能抑制根瘤的形成，並影響植株對根與根瘤乾物質之分配；豆科作物欲有最大之固氮作用，必須施用較多的磷肥[25]。

鉀素會影響大豆根瘤重、根瘤數及血紅素之活性[10]，Nelson *et al.*[23] 指出鉀素供給充足時，大豆莢數大量增加，莢果充實度提高60—79%，皺縮種子由 35%減少爲3%，種子增大 25%；此外，Conti and Geiger[9] 與 Geiger and Conti[13] 在許多作物中發現增加鉀供應量可提高光合產物之轉移與淨二氧化碳交換速率、篩管負載 (phloem loading)、積儲移出 (sink unloading) 及積儲組織內的各種化學轉化作用。

鎂爲葉綠素之組成分，葉片內約 10%的鎂用以合成葉綠素[19]，鎂並爲許多酵素如 RuBP carboxylase[27] 及 kinase 等酵素系統[4]之活化劑。

各種營養要素對大豆生長之重要性不容置疑，關於植株各部位營養要素分配的平衡與否對產量的重要性，Gent[14] 認爲局部缺乏營養要素或供需不平衡均會導致產量損失。本研究室曾報告臺中地區

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1186 號。本報告爲第一作者碩士論文之一部份。

2.前國立中興大學糧食作物研究所研究生，現爲本所農藝系助理研究員。

3.本所農藝系助理與研究員兼系主任。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

夏作大豆產量遠高於春作[1]，認爲與乾物質分配効率有關，繼而探討營養狀況，發現期作間非構造性碳水化合物與氮素濃度呈現差異，但不足以說明產量差距的原因[2]，本研究繼續分析植株三種重要營養要素濃度在春、夏作的變化情形，以明瞭大豆營養生理及與產量間的關係。

材料與方法

試驗於民國70年夏作與71年春作在臺中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所農場進行，採用現行栽培大豆品種十石（Shih-Shih, SS）與高雄3號（Kaohsiung No. 3, KS-3）爲材料，以逢機完全區集設計（RCBD）重複6次施行。田間栽培管理、取樣方法及樣品處理均如前文[1,2]所述，樣品於乾燥磨粉後進行磷、鉀與鎂素之濃度分析。

樣品先依 Issac and Jones, Jr. [20] 與 Liu[21]之方法行乾式灰化，先秤取 500mg 樣品置於

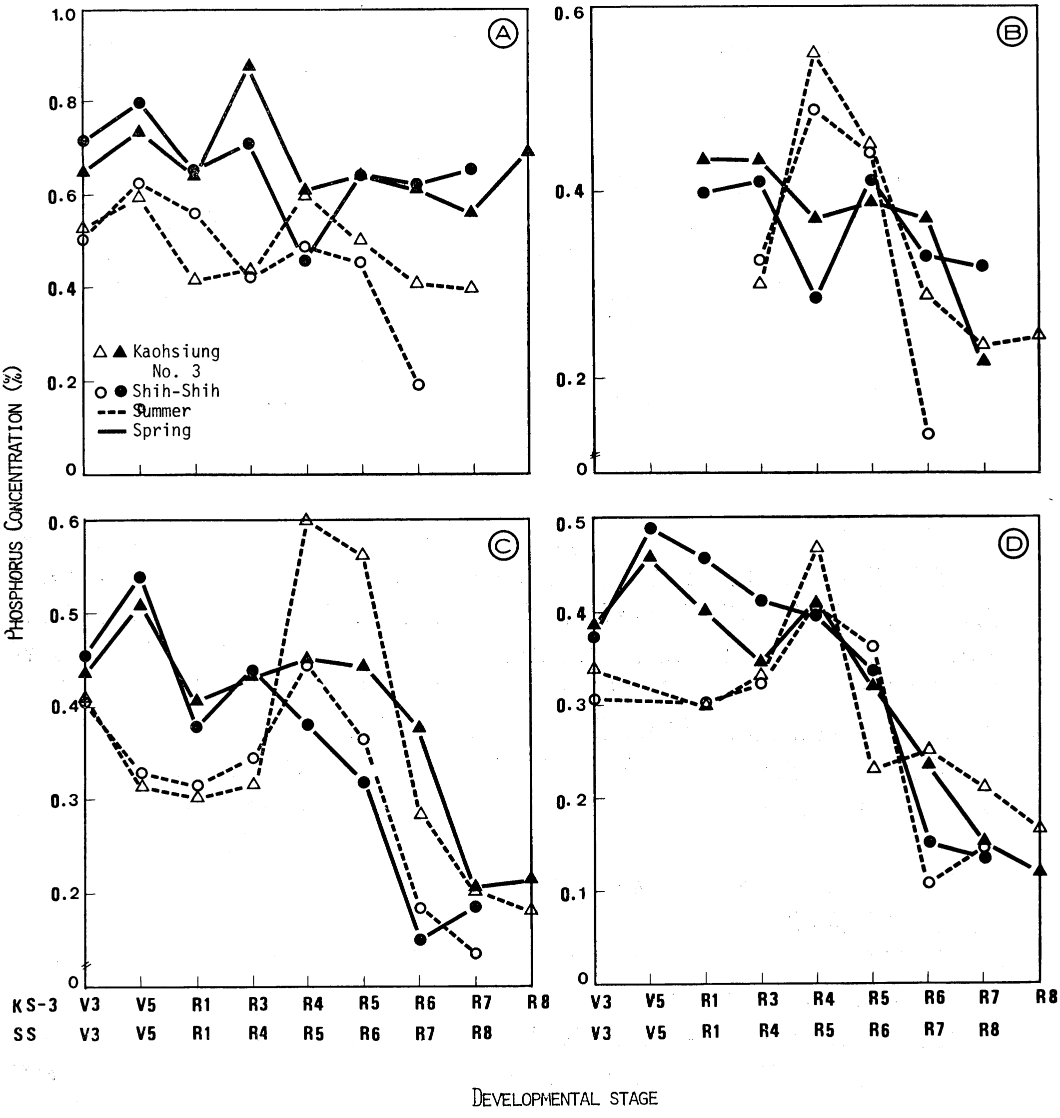


Fig. 1. Changes of P concentration (%, dry basis) of (A) leaf blade, (B) petiole, (C) stem and (D) root of soybean plants at successive developmental stages in the summer (1981) and spring (1982) crop seasons.

50ml 坩鍋中，加入含2%濃硫酸之純酒精溶液，充份燃燒後在高溫灰化爐中以 550°C 灰化6小時，冷却後取出，加入 5ml 鹽酸（3：1）溶液，以蒸氣加熱15分鐘，再經 Whatman No. 2 濾紙過濾，而後以二次蒸餾水定量至 50ml ，留供分析用。磷素係以鉬藍法（colorimetric-Mo blue method）利用分光比色計（Perkin-Elmer model 55 spectrophotometer）於 660nm 波長測定。鉀素以焰光光度計（Corning model 400 flame photometer）測定。鎂素以原子吸收光譜儀（Varian Techtron model AA-5 atomic absorption spectrophotometer）測定。上述各元素之分析均以每一重複爲一樣品，6重複合計爲6個樣品，每一樣品分析2次，以其平均値表示。

結　果

大豆植株營養器官中以葉片的磷濃度最高，期作間比較又以春作較夏作爲高（圖1A）；葉片磷濃度自營養生長初期開始逐漸上升，進入生殖生長時下降，其後春作在豆莢發育（ R3期）時又行升高，高雄3號與十石之濃度分別爲0.87%與0.71%，在種子充實期間維持於0.6—0.7%，下降並不顯著。夏作大豆高雄3號在 R3 期，十石在 R4 期以前之葉片磷濃度僅爲0.45%，遠較春作爲低，隨後回升，但在種子充實期間又明顯下降，表示有多量的再轉移現象，與春作的表現不同。

葉柄、莖桿與根部的磷濃度變化分別示於圖 1B-D，二品種在同一期作的變化趨勢相近；夏作葉柄於種子開始充實以前的磷濃度最高，但隨後的下降非常明顯；春作於種子開始充實前的葉柄磷濃度遠較夏作爲低，唯其後濃度下降的幅度亦較小。莖桿與根部的磷濃度變化趨勢相似，春作二部位自生育初期開始濃度逐漸上升，進入生殖生長時大幅下降，種子充實前略有升高（約0.4%）， 之後隨種子充實而降至0.2%以下。夏作在 R3 期以前的莖桿與根部磷濃度較低，約爲0.3%，高雄3號於 R4 期，十石於 R5 期達到最高峰，但在種子充實期間亦直線下降，速率尤高於春作，收穫時之濃度亦在0.2%以下。

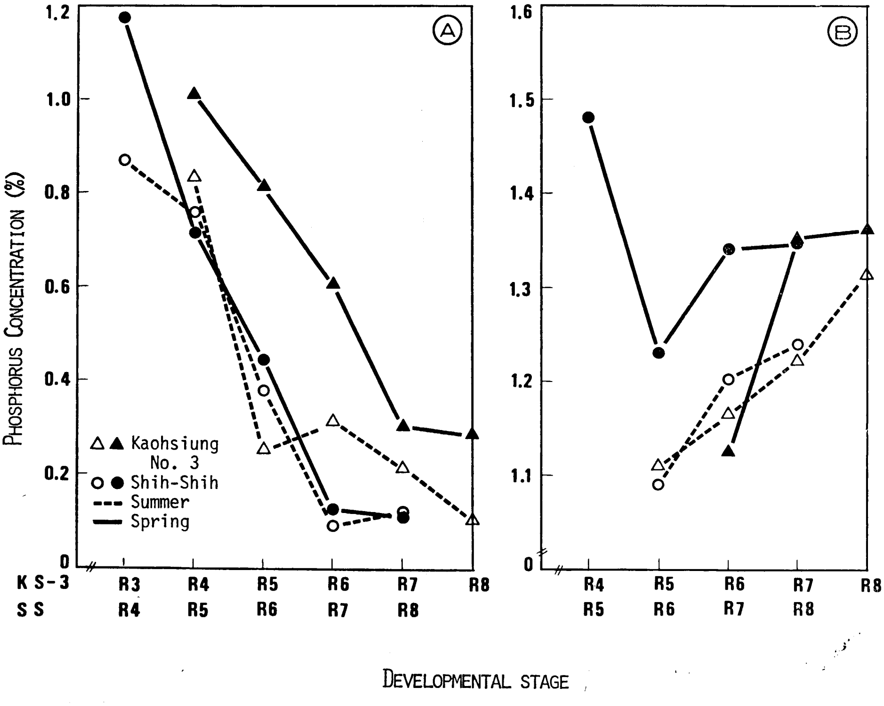


Fig. 2. Changes of P concentration of (A) pod wall and (B) seed of soybean plants at successive reproductive stages in the summer (1981) and spring (1982) crop seasons.

莢果壁磷濃度於豆莢形成（R4）時最高，春作可達1.2%，夏作亦在0.8%以上（圖2 A），在種子發育與成熟的過程中又連續下降，幅度極大，成熟時除春作之高雄3號外（0.3%），其餘皆在0.1%左右，顯示磷素有直接自莢果壁轉移至種子的可能。種子磷濃度的變化示於圖 2B，種子爲大豆植株含磷濃度最高的部位，各生育期均介於1.1—1.4%，除春作十石品種種子於 R5 期濃度特高(1.48%）外，大致有隨種子充實而濃度增高之趨勢，成熟種子的含磷量在1.2%與1.4%之間。

營養生長期間葉片鉀濃度大致由2.0%降至1.5%，隨後的變化因期作而有異（圖3 A）；春作兩品種鉀濃度續有升降，在豆莢發育初期（R3 或 R4 期）及種子充實期（R6 或 R7 期）較高，最高可達2.3%以上，在種子充實後期鉀濃度方有明顯的下降，但脫落以前之葉片仍保有1.5%以上之鉀濃度。夏作葉片含鉀量明顯的低於春作，且有隨生育期而連續下降的現象，在整個生殖生長過程中，濃度自1.4%左右降至1%。

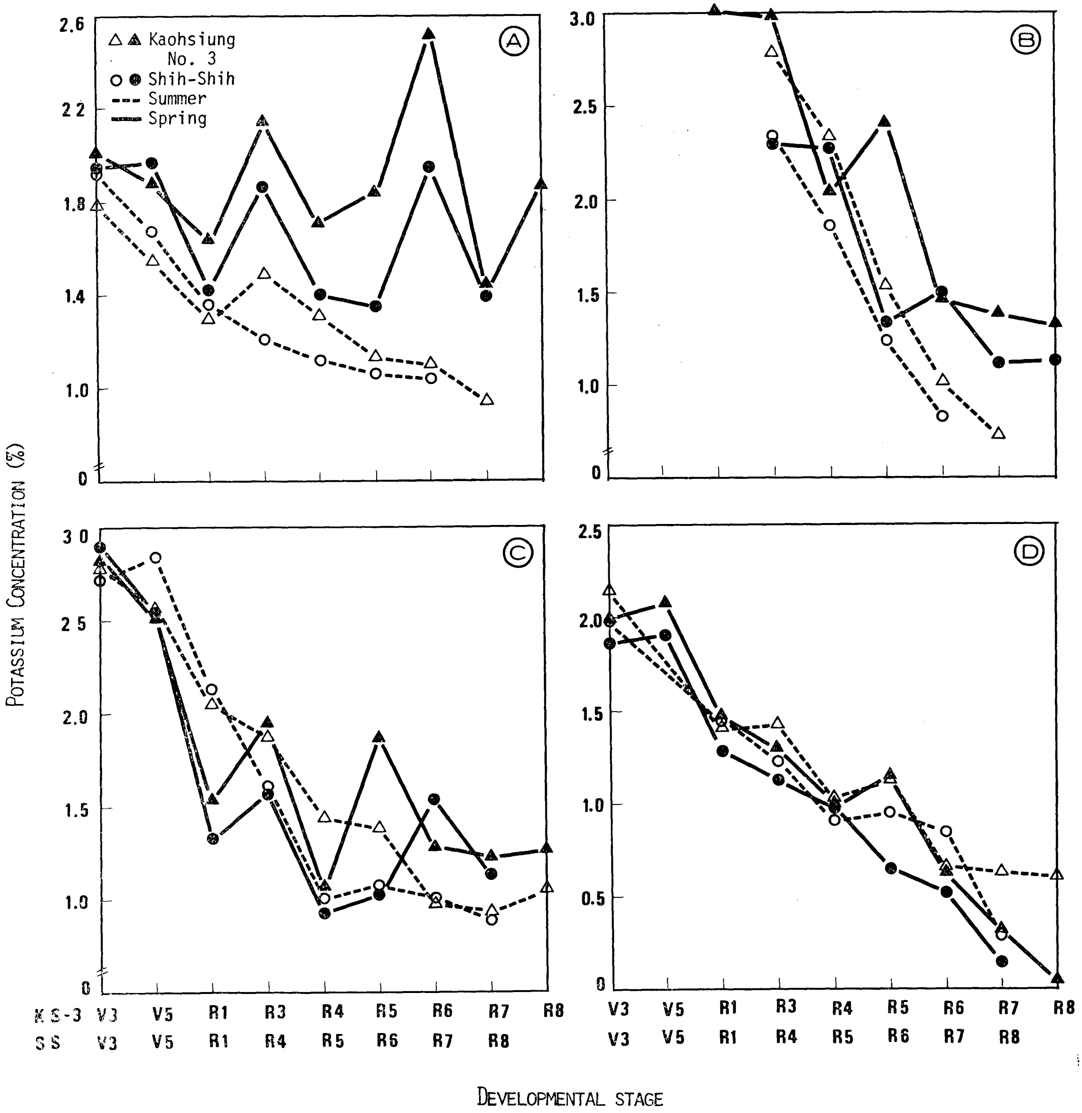


Fig. 3. Changes of K concentration of (A) leaf blade, (B) petiole, (C) stem and (D) root of soybean plants at successive developmental stages in the summer (1981) and spring (1982) crop seasons.

葉柄與莖桿的鉀濃度相近，生育初期並高於葉片，介於2.5—3.0%之間（圖 3B-C），根部濃度則略低，約為 2 %左右（圖 3D）。雖然春作兩品種莖桿鉀濃度在生育過程中呈起伏變化，三個營養器官中的含鉀濃度均有持續下降的趨勢，期作間的表現亦頗為一致。生殖生長期間葉柄鉀濃度下降以夏作的幅度較大，收穫時春作葉柄含鉀量為1.2%，遠較夏作之0.8%高；莖桿中之濃度下降亦以夏作較為明顯，成熟時之含鉀量以夏作為低。根部的表現則有不同，雖然在 R6—R7 期以前各品種或期作的濃度皆相近，但植株成熟時春作所含濃度低於0.2%，夏作較高，在0.3—0.7 %之間。

莢果壁鉀濃度的變化示於圖 4A，除高雄 3 號於 R4—R5 期之濃度特高（2.4%），且 R6—R8 期之間變化不大之外，其餘之表現約略相近。種子充實期間莢果壁鉀濃度的下降以夏作高雄 3 號的降幅最小（2.1%至1.8%），十石較為顯著（2.0%至1.4%），春作高雄 3 號在 R5—R6 期大幅下降（自2.6%至1.9%）後即維持不變，十石的降低時間較晚（R7—R8），自 2.2%至1.5%。種子內鉀濃度除春作十石品種外，皆於充實期間明顯上升，成熟時的濃度在1.7%—2.0%之間，春作較夏作為高（圖 4B）。

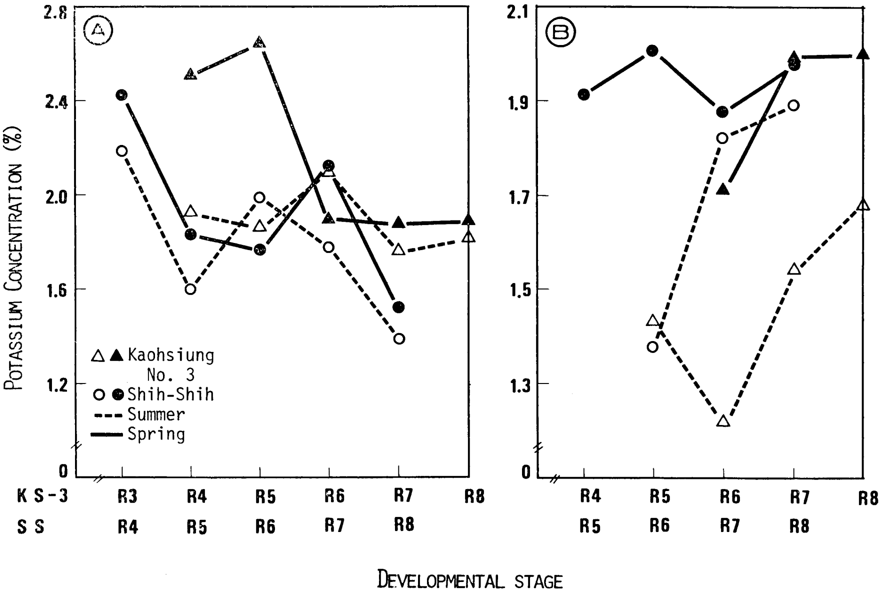


Fig. 4. Changes of K concentration of (A) pod wall and (B) seed of soybean plants at successive reproductive stages in the summer (1981) and spring (1982) crop seasons.

春作大豆葉片鎂濃度多在0.3—0.5%之間，夏作在 R4 期以前濃度相近，其後則低於0.3%（圖 5A）。就變化趨勢而言，春作在 R4 期以前葉片鎂濃度持續下降，在 R4—R6 期又明顯上升，於種子充實階段再度大幅降低；夏作二品種係於 V5 期達最高濃度（0.46—0.51%），而後隨植株之發育逐漸下降，至 R7 期略有回升。成熟（脫落）前之葉片含鎂濃度，兩期作均在0.3—0.4%之間。

圖 5B 為葉柄鎂濃度的變化，在 R4 期以前濃度下降，但其後則有非常明顯的升高，春作可自0.35%升至0.75%，夏作自0.42%升至0.65%，與其他元素多呈連續下降的表現迥然不同。莖桿鎂濃度的變化在期作與品種間皆相類似（圖 5C），均自 V3 期之最高濃度（春作為0.65—0.68%，夏作為0.43—0.46%）隨生育之進行逐漸下降，除春作高雄 3 號外，以 R8 期的濃度（0.2%以下）最低。根部鎂濃度在 V5—R5 期之間的變化不大，約為0.25—0.35%（圖 5D），但在種子充實期間大幅下降，幅度又以春作較為明顯，成熟期夏作大豆根部鎂濃度為0.17—0.24%，春作僅有0.06—0.08

%。

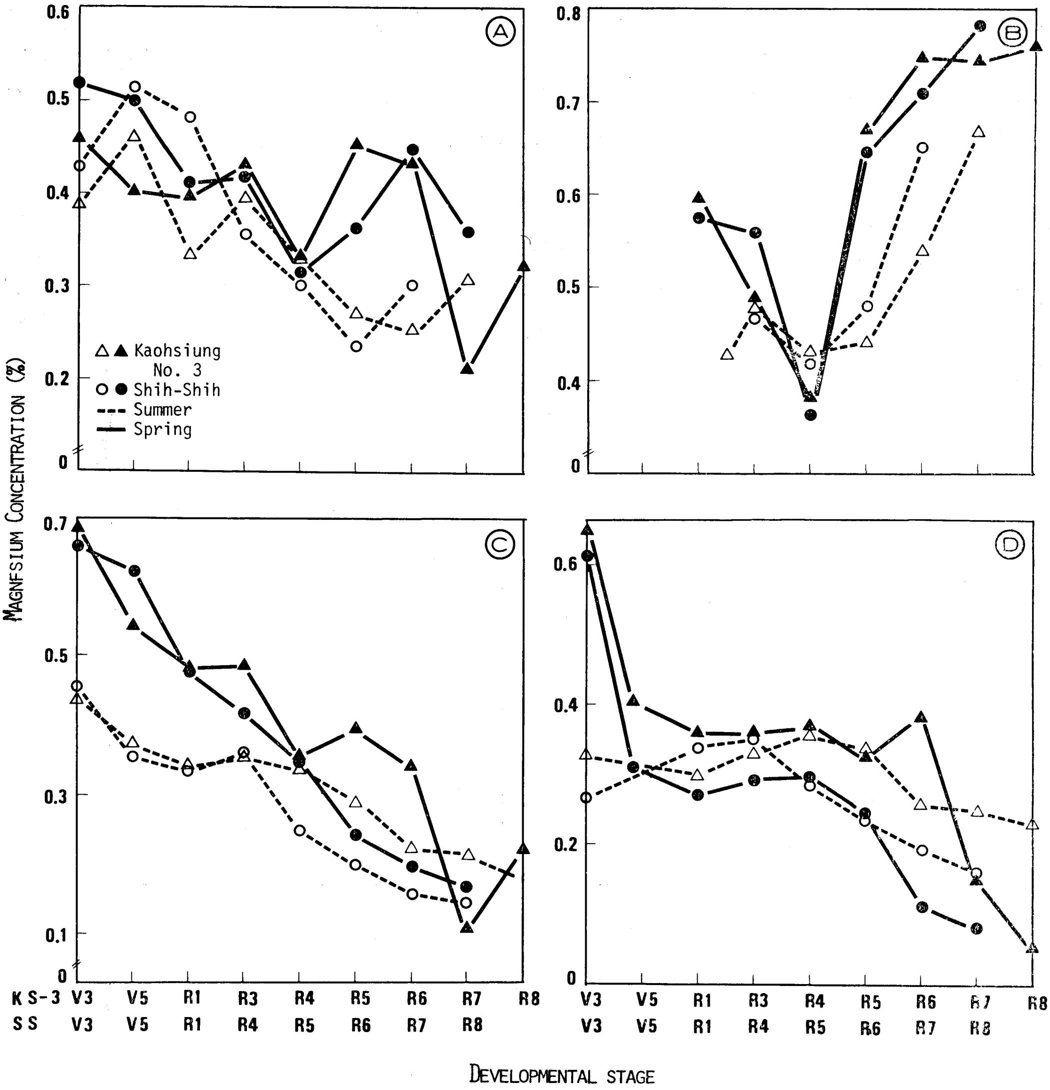


Fig. 5. Changes of Mg concentration of (A) leaf blade, (B) petiole, (C) stem and (D) root of soybean plants at successive developmental stages in the summer (1981) and spring (1982) crop seasons.

自豆莢開始形成後，莢果壁內鎂濃度均有先降後升的趨向（圖 6A），尤以種子充實期間的上升最爲顯著，自0.3—0.4%增至0.5—0.6%，成熟時之莢果壁含有0.5—0.6%鎂素，除葉柄外，爲含量最高之器官。種子含鎂濃度很低（0.2—0.3%），十石品種在兩期作的表現較爲一致，自種子形成初期開始逐漸上升，但 R7—R8 期之間又明顯下降，原因不明。高雄 3 號種子鎂濃度在春作遞減，夏作漸升，呈相反的趨勢。成熟種子的含鎂量在春作爲0.19—0.24%，夏作爲0.29—0.30%，但均低於磷、鉀之濃度。

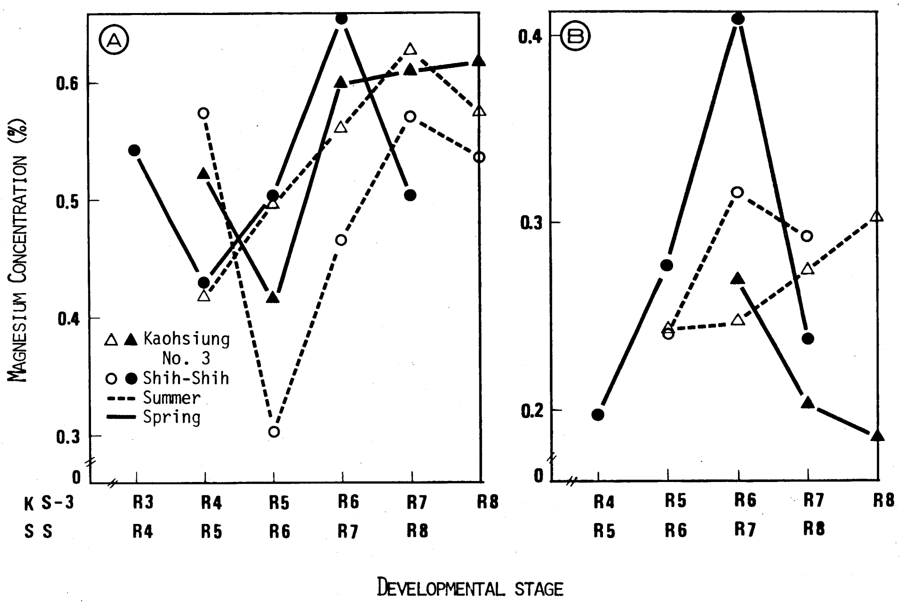


Fig. 6. Changes of Mg concentration of (A) pod wall and (B) seed of soybean plants at successive reproductive stages in the summer (1981) and spring (1982) crop seasons.

討　論

本試驗中葉片磷濃度多介於0.4—0.8%，均在 Hanway and Olson [7] 與 Ozanne [25] 所建議之0.1—0.8%安全範圍內，顯示供試植株的磷素營養正常。春作大豆營養器官磷濃度在豆莢發育完全（R4 期）以前，均遠較夏作爲高；王等 [1] 指出春作大豆由營養生長進入生殖生長時，其營養器官的生長更加旺盛，而使生殖器官的乾物質累積受到營養器官的劇烈競爭，磷又被認爲與作物體內各種代謝作用，尤其與能量的代謝作用有關 [25]，春作大豆是否因含有較高的磷與其他元素濃度 [2] 而有較旺盛的營養生長，仍有待證實。自種子發育（R5 期）以後，葉片磷濃度以春作較高，可能顯示向種子的轉移量較少，或係受到積儲容量（sink size）較小的影響 [1]，但春作大豆在種子充實過程中，葉柄、莖桿與根部的磷濃度均明顯降低，與夏作的表現相近，似又表示自葉片經由葉柄與莖向種子的轉移受到阻礙，是否春作生長環境促使葉片提早老化，使磷素的轉運受到選擇性的限制，抑或種子容受量小，無需由葉片供應磷素，尚待進一步的試驗證明。唯經由期作間磷濃度的比較（圖 1）與夏作有較高的種子產量 [1]，表示二者之間並無絕對的明確關係。

Miller *et al.* [22] 指出欲使大豆有最高的種子產量，葉片鉀臨界濃度應爲2.7%，然而 de Mooy *et al.* [10] 却認爲2.15%已爲葉片鉀濃度之上限；本試驗所得葉片鉀濃度除春作高雄 3 號於 R6 期高達2.54%外，其他皆在2.2%以下，應未超過合理上限；夏作大豆葉片鉀濃度自 R1 期以後皆低於1.4%，明顯的較春作爲低，但夏作又有較高的產量（高雄 3 號爲 3,500kg/ha，十石爲 2,570kg/ha，春作分別爲 1,940與 1,360kg/ha），顯示在本試驗中鉀營養狀況不致影響種子產量，與磷素部份之結果相同。

Hanway and Weber [15] 與 Sesay and Shibles [26] 均指出大豆葉片鉀濃度在生殖生長期逐漸下降，本試驗之夏作有類似表現，可解釋爲向種子的轉移，但春作葉片鉀濃度的下降並不明顯，尤其自種子充實期開始，有先大幅上升而後急遽下降的現象，兩品種的表現頗爲一致。Barber [5] 報告大

豆地上部鉀濃度在全生育期逐漸下降，而根部吸收鉀的能力也隨株齡之增加而降低，本試驗除春作葉片外，其他植株部位均有相似的結果，尤以根部鉀濃度可自生育初期（V3）的2%降至生育後期（R7—R8）的0.5%以下，而 R5 期以後根部乾物重即持續大幅下降[1]，顯示根之吸收量遠低於向外轉移量。在生殖器官方面，春作莢果壁與種子的鉀濃度均較夏作爲高，莢果壁所含鉀素有再轉移的現象，而春作種子在充實過程中的濃度持續上升，表示乾物質累積速度不及鉀累積速度，與氮素的表現不同（未發表資料），可能爲春作環境因子影響種子乾物質累積（產量）的直接結果。就植株各部位鉀濃度的變化趨向而言，同一期作兩品種的表現極爲一致，期作間的差異則很明顯，顯示鉀營養狀況易受環境因子影響。

依據 Harper[18] 的報告，鎂在大豆篩管中不易移動，故全生育期間植株內濃度變化不大，本試驗中葉片、莖桿與根部鎂濃度自生育初期開始即多呈下降趨勢，葉柄則有多量累積，與 Harper[18] 的結果不盡相同。de Mooy *et al.*[12] 認爲開花末期葉片鎂濃度可以做爲營養指標，並建議0.26—1.00%最爲適合，高於 1.51%即爲過量，本試驗葉片鎂濃度在 R4 期以前爲 0.3—0.6%，其後夏作的濃度降低，應爲轉移至種子的結果。葉柄部位鎂濃度自 R4 期（約0.4%）以後急劇升高，在脫落以前的濃度，春作接近 0.8%，夏作亦在 0.6%以上，本研究室未發表的資料顯示，同一時期（R4—R7）葉柄鈣濃度可自2.2%升至3.5%，葉片則自1.2—1.4%升至2.3—2.6%，顯示二價離子的累積與葉片及葉柄之老化、離層（abscission layer）的產生和脫落有極爲密切的關係。

綜合本試驗之結果，三種元素在大豆植株內的變化情形，以期作的影響較爲明顯，品種間的差異反而較小，顯示其吸收與轉移受環境因子的作用甚大，此亦爲大豆係一易受環境因子影響之作物[3]提出佐證。夏作大豆的產量較春作爲高[1]，但營養器官內 P、K與 Mg 濃度又多較春作爲低（圖1、3、5），表示其濃度如在合適範圍內，絕對值之高低似與產量無明確的關係，前文[2]對 N 素試驗之報告，也有相似的結果；欲究明營養狀況與產量間的關係，似應再配合植株乾物質生產與分配方面的資料予以解釋，對大豆而言，莢果的發育與容受量（亦即 sink size）對植株營養生理更具有重要的影響，在期作間進行比較，發現夏作大豆營養器官在莢果充實期間要素濃度降低之幅度均較春作爲大，亦即自營養器官向種子再轉移的量較多，濃度因而更形降低；春作由於產量低而積儲容積小，故營養要素在營養器官中之累積較爲明顯。換言之，春作環境因子不良[1]使莢果的發育與充實受阻，進而影響植株養份濃度的表現，亦即較高的無機要素濃度不一定保證有較高的產量。

引用文獻

1.王強生、曹文隆、劉大江・1984・大豆植株之乾物質累積與分佈。中華農業研究33(2)：117—125。

2.王強生、魏夢麗、劉大江・1984・大豆植株營養要素之累積與分佈 1.全生育期非構造性碳水化合物及氮素濃度之變化。中華農業研究33(3)：247—256。

3.盧英權・1953・臺灣大豆品種對栽培季節之適應性。農林學報2：99—107。

4. Adams, F. 1980. Interactions of phosphorus with other elements in soils and in plants. *In* The role of phosphorus in agriculture (F. E. Khasawneh, E. C. Sample and E. T. Kamprath eds.). Amer. Soc. Agron., Madison, Wisc.

5. Barber, S. A. 1978. Growth and nutrient uptake of soybean roots under field condition. Agron. J. 70 : 457-461.

6. Bethlenfalvay, G. J. and J. F. Yoder. 1981. The glycine-Glomus-Rhizobium symbiosis. I. Effects of phosphorus on nitrogen fixation and mycorrhizal infection. Physiol. Plant. 52 : 141-145.

7. Boote, K. J., R. N. Gallaher, W. K. Robertson, K. Hinson and L. C. Hammond. 1978. Effect of foliar fertilization on photosynthesis, leaf nutrition and yield of soybeans. Agron. J. 70 : 787-791.

8. Cassman, K. G., A. S. Whitney and K. R. Stockinger. 1980. Root growth and dry matter distribu-

tion of soybean as affected by phosphorus stress, nodulation and nitrogen source. Crop Sci. 20 : 239-244.

9. Conti, T. R. and D. R. Geiger. 1982. Potassium nutrition and translocation in sugar beet. Plant Physiol. 70 : 168-172.

10. De Mooy, C. J. and J. Pesek. 1966. Nodulation responses of soybeans to added phosphorus, potassium and calcium salts. Agron. J. 58 : 275-280.

11. De Mooy, C. J. and J. Pesek. 1970. Differential effects of P, K and Ca salts on leaf composition, yield and seed size of soybean lines. Crop Sci. 10 : 72-77.

12. De Mooy, C. J., J. L. Young and J. D. Kaap. 1973. Comparative response of soybeans and corn to phosphorus and potassium. Agron. J. 65 : 851-855.

13. Geiger, D. R. and T. R. Conti. 1983. Relation of increased potassium nutrition to photosynthesis and translocation of carbon. Plant Physiol. 71 : 141-144.

14. Gent, M. P. N. 1982. Effect of defoliation and depodding on long distance translocation and yield in Y-shaped soybean plants. Crop Sci. 22 : 245-250.

15. Hanway, J. J. and C. R. Weber. 1971. N, P and K percentages in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plant parts. Agron. J. 63 : 286-290.

16. Hanway, J. J. and C. R. Weber. 1971. Accumulation of N, Pand K by soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants. Agron. J. 63 : 406-408.

17. Hanway, J. J. and R. A. Olson. 1980. Phosphate nutrition of corn, sorghum, soybean and small grains. *In* The role of phosphorus in agriculture (F. E. Khasawneh, E. C. Sample and E. J. Kamprath eds.). Amer. Soc. Agron., Madison, Wisc.

18. Harper, J. E. 1971. Seasonal nutrient uptake and accupulation patterns of soybeans. Crop Sci. 11 : 347-350.

19. Hewitt, E. J. and T. A. Smith. 1974. Plant mineral nutrition. John Wiley & Sons, New York.

20. Issac, R. A. and J. B. Jones. Jr. 1972. Effects of various dry ashing temperatures on the determination of 13 nutrient elements in five plant tissues. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 3 : 261-269.

21. Liu, D. J. 1975. Composition and distribution of minerals in barley (*Hordeum vulgare* L.). Ph. D. thesis, University of Wisconsin.

22. Miller, R. L., J. T. Pesek, J. J. Hanway and L. C. Dumenil. 1964. Soybean yields and plant composition as affected by phosphorus and potassium fertilizers. Iowa Agri. Home Econ. Exp. Sta. Res. Bull. 524.

23. Nelson, W. L., L. Burkhardt and W. E. Colwell. 1946. Fruit development, seed quality, chemical composition and yield of soybeans as affected by potassium and magnesium. Soil Sci. Assoc. Amer. Proc. 10 : 224-229.

24. Ojima, M., J. Fukui and I. Wantanabe. 1965. Studies on the seed production of soybeans. II. Effect of three major nutrient elements supply and leaf age on the photosynthetic activity and diurnal changes in photosynthesis of soybean under constant temperature and light intensity. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 33 : 437-442.

25. Ozanne, P. G. 1980. Phosphate nutrition of plants - a general treatise. *In* The role of phosphorus in agriculture (F. E. Khasawneh, E. C. Sample and E. J. Kamprath eds.). Amer. Soc. Agron., Madison, Wisc.

26. Sesay, A. and R. Shibles. 1980. Mineral depletion and leaf senescence in soybean as influenced by foliar nutrient application during seed filling. Ann. Bot. 45 : 47-55.

27. Wildner, G. F. 1981. Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase-oxygenase : aspects and prospects. Physiol. Plant. 52 : 385-389.

Accumulation and Distribution of Nutrients in Soybeans

II. Changes of P, K and Mg Concentrations during Plant Development[1]

C. S. Wang[2], M. L. Wei[3] and D. J. Liu[3]

Summary

Two soybean cultivars, Kaohsiung No. 3 (KS-3) and Shih-Shih (SS), were grown in the summer crop of 1981 and spring crop of 1982 at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute. Concentrations of P, K and Mg were determined in various plant fractions at stages of soybean development. The purpose was to study the nutritional status in relation to grain yield of soybeans cultured in different crop seasons. Experimental results indicated that concentrations of the three elements were all within the resonable ranges. Vegetative organs (leaf blade, leaf petiole, stem and root), especially the leaf blade, of the spring-grown soybeans contained higher P, K and Mg concentrations than those of the summer-grown soybeans. The concentrations decreased in the vegetative organs during grain-filling, suggesting redistribution of minerals to the seed. The redistribution was more prominent for the summer crop. The only exception was observed for Mg concentration in the leaf petiole which increased drastically during the same period. One possible explanation was that the accumulation of Mg was associated with senescence and the formation of abscission layer. The spring crop also contained higher P and K concentrations in the reproductive organs than the summer crop. Redistribution of P and K from pod wall to the seed was obvious during grain-filling. However, accumulation of Mg in the pod wall was observed. Patterns of changes in mineral concentations during development were similar for cultivars grown in the same crop season, indicating significant environmental impacts on the mineral status of soybean plants. The high elemental concentrations along with the low grain yield of the spring crop revealed no clear relationship between the two characters. It was concluded that low grain yield due to the unfavorable environmental factors in the spring crop season was the major cause of the high mineral concentrations in the vegetative organs of the maturing soybean plants.

---

1. Contribution No. 1186 from Taiwan Agricultural Research Institute. Part of a thesis submitted by the senior author in partial fulfillment for the M. S. degree.

2. Former graduate student, Research Institute of Food Crops, National Chung-Hsing University ; currently assistant agronomist, Department of Agronomy, TARI.

3. Respectively, research assistant and senior agronomist and head, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien , Taiwan 431, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 33(4)：387～394 (1984)

二氧化硫對作物細胞構造之影響[1]

陳 美 華[2]

摘要 二氧化硫爲本省三種空氣汚染物（二氧化硫、氯氣及氟化物）之一。其對作物爲害徵狀，一般多爲葉脈間脫色壞疽之塊斑或條斑，受害部位初期多呈灰綠色水漬狀，至後期則氧化漂白成象牙色或呈褐色、紅褐色、紅色和黃綠色，且葉片有的出現捲縮現象。本研究之目的，在探討作物受空氣汚染爲害，所產生外表徵狀，對於內部細胞構造之影響。

不同種類的作物，包括甕菜、白菜、葱、甘藷、胡瓜、綠豆、香蕉、甘蔗及煙草等，在相同環境條件下：溫度（晝12小時 25°C ，夜12小時 20°C），相對溼度（約70%左右），光照度（7000 Lux），經一系列不同二氧化硫氣體濃度與薰蒸時間處理後，觀察作物受害徵狀，並做病理解剖檢視，結果發現葉片呈灰綠色水漬狀病斑或形成脫色壞疽，其主要係因葉綠體受二氧化硫侵襲而破壞，此不但使光合作用受到抑制，間接地也破壞或影響其他色素形成；同時細胞內亦發生一些現象如：葉綠體內的葉綠餅（grana stack）腫脹，葉綠餅與葉綠層（stroma lamella）瓦解，基質顆粒化，細胞質破壞，澱粉粒及嗜鋨脂肪小球堆積，細胞膜與細胞壁剝離等。海綿組織與栅狀組織則更因二氧化硫爲害，先後遭破壞崩解，失去原有結構；受害嚴重時，不但難分辨兩組織且上下表皮幾乎癱連一起，而使外觀呈漂白半透明的壞疽病斑。

二氧化硫 (SO_2) 是歷史最久且被研究最多的汚染物，也是危害本省作物的主要汚染源之一。其主要來源有（１）燃燒重油（含 S 量１－４%）、生煤（含 S 量２%）；（２）車輛。尤其是柴油車，因柴油約含1.25%的硫；（３）硫酸製造。臺灣一般硫酸製造廠，先把硫磺燃燒後產生 SO_2，再轉化成 SO_3，而後用水吸收製造硫酸，若操作不當，則大量溢出 SO_2 氣體；（４）金屬熔煉廠。提煉銅礦時，因含硫量較高，會產生大量 SO_2 氣體。[(1)]

SO_2 對植物爲害的徵狀差異，除與 SO_2 濃度，薰氣時間，植物種類有關外，尚受其他因素之影響如：溫度、相對溼度、土壤含水量、光照强度、營養供給及植株組織年齡等。[(6-9)] 在許多研究中指出[(2,10-17)]，植株受到 SO_2 爲害會產生急性傷害 (acute injury) 及慢性傷害 (chronic injury) 兩種徵狀。急性損害的徵狀發生，係因植株突然吸收足够破壞組織的 SO_2 量，而引起葉緣及葉肋間的捲縮或壞疽，受害部位初呈暗綠水漬狀外觀，經脫水與脫菁 (bleaching) 後漸成象牙白色 (ivory-to-white) ，部分則呈褐色、紅褐色。慢性損害徵狀的發生，則係因植株吸收的 SO_2 量，不足以形成急性損害，僅造成萎黃徵狀 (chlorotic symptoms) ，屬於一種緩慢的脫菁變化，導致葉綠素和胡蘿蔔素被破壞，而葉片在葉緣或葉脈間呈黃化現象（部分則呈白色或紅褐色），在受害部位往往有腫脹的情形。有時慢性損害經長時間後，也會發生與急性損害相似的脫水成白色徵狀，唯未產生葉緣捲縮，且伴有葉柄斷落現象。 Thomas 更認爲尚有第三型態的損害，稱爲不可見損害 (invisible injury) ，主要徵狀是植株的生長減緩與光合作用被抑制。[(18)] 一些研究報告[(3,19-23)] 也指出 SO_2 確

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1187 號。本研究電子顯微鏡方面蒙植保中心（PPC）呂理燊博士及張淳文先生指導協助，復蒙臺大農化系德籍客座教授 Buchholz 博士指導，謹此誌謝。

2.本所農化系助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

會使植株光合作用能力降低，呼吸率提高和葉綠素被破壞。少數的研究中[13,24,25]則說明 SO_2 爲害植株，除外觀有明顯症狀外，對細胞構造亦產生異常影響，例如細胞質分解，細胞構造瓦解及葉綠體（chloroplast）變形等。

本省有關空氣污染的研究較缺乏，且大多數引用美日等國資料，這些資料大部分適用於溫帶植物，對本省較不適用。本研究目的，欲了解 SO_2 爲害作物的徵狀與對組織、細胞內微細構造（ultras-trcuture）的影響。

材料與方法

一、供試材料

1.供試植物：甕菜、白菜、葱、甘藷、胡瓜、綠豆、香蕉、甘蔗、煙草等。

2.供試氣體：高濃度鋼瓶裝之 SO_2 與已過濾空氣混合稀釋成濃度 1.1ppm～4.5ppm 之 SO_2 氣體。

二、試驗方法

1.供試植物栽培：除香蕉取自蕉園幼蕉及甘蔗、甘藷採用扦插繁殖外，餘皆採種子播種。栽種於直徑 5－7 吋的塑膠盆（香蕉除外），並以相同比例的泥炭土（peat）及蛭石（Vermiculite）爲盆栽土，根據美國園藝學會基本營養液（½濃度之 Hoagland's solution），使用自動澆水設備供給植物生長所需。

2.薰蒸試驗

⑴薰蒸設備：可控制溫度、溼度、光度的生長箱內設由壓克力玻璃製成薰蒸箱 （120cm×56cm×96cm），箱內的上方左右兩邊各設有二風扇，使氣體可混合均勻。污染源氣體 SO_2 由鋼瓶經壓力調節器引到氣體混合裝置，與經活性炭過濾器除去雜質的純空氣充分混合後，由 Teflon 管導至薰蒸箱進行試驗。箱內 SO_2 濃度的測定則由 Thermoelectron modle 43 Puked fluorenscent SO_2 analyzer 爲之。

⑵薰蒸步驟：箱內溫度調節爲晝 25°C ，夜 20°C 各12小時，相對溼度維持約70%，光照度爲7000Lux。取大小相同之同種植物，由溫室移入薰蒸箱經生長24—48小時適應生長箱內人工環境後，通以污染氣體 SO_2 薰蒸一段時間後，移回溫室，觀察記錄受害情形，並採受害部位做病態解剖研究。

3.植株組織之構造研究

⑴石蜡切片配合光學顯微鏡觀察[4]：將正常及受害葉片，經固定（fixation）→脫水（dehydration）→滲蜡（infiltration）→埋蜡（embedding）→切片（section）→染色（staining）等步驟處理，在光學顯微鏡下觀察葉片橫切面之組織結構，其石蜡切片製作及染色過程如圖（1）、圖（2）所示。

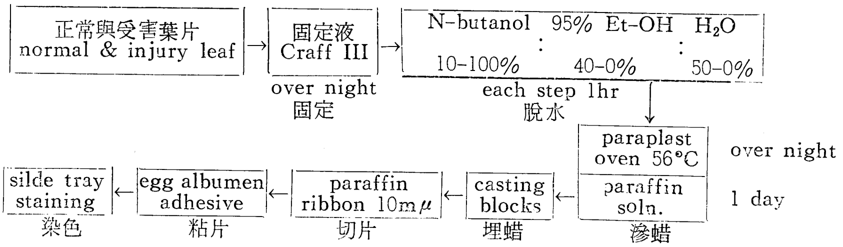


圖1. 石蜡切片製作過程

Fig. 1. Processes of paraffin section

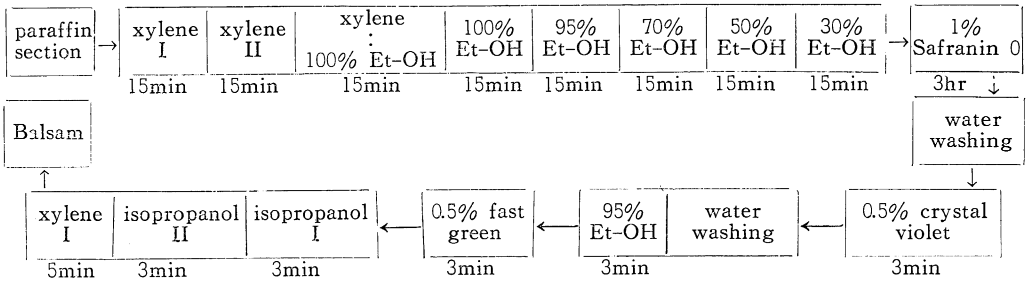


圖2. 石蠟切片染色步驟

Fig. 2. Procedures of paraffin section staining

(2)超薄切片配合電子顯微鏡觀察[26]：取正常與受害葉片部位，處理成細絲，經戊二醛 (glutaraldehyde) 及鋨酸 (osmic acid) 固定→乙醇脫水→斯伯氏樹脂 (Spurr's Epon) 包埋→超薄切片→醋酸鈾醯 (uranyl acetate) 及檸檬酸鉛 (lead citrate) 雙重染色→穿透式電子顯微鏡觀察細胞內的微細構造。其步驟如圖(3)、圖(4)所示。

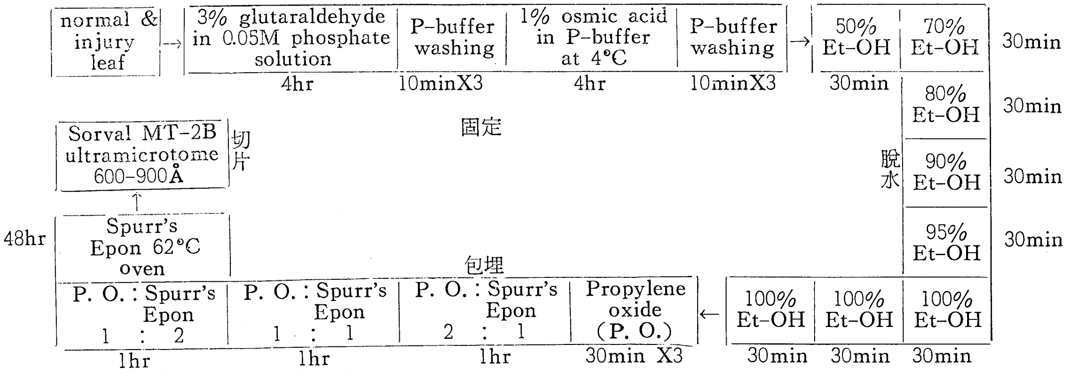


圖3. 超薄切片製作過程

Fig. 3. Processes of ultrathin plastic section

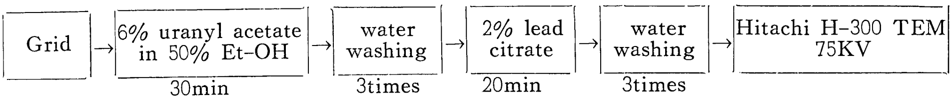


圖4. 超薄切片染色步驟

Fig. 4. Procedures of ultrathin plastic section staining

結果與討論

鑑於植株本身忍受 SO_2 爲害的能力不一，故經一系列不同濃度與薰蒸時間的試驗後，選取各種作物呈明顯受害徵狀處，進行細胞構造研究，並觀察記錄爲害徵狀。

結果發現作物在受到 SO_2 薰害後，出現葉脈間變色 (interveinal chlorsis)，呈無光澤水漬狀的灰綠色病斑，受害嚴重時更漂白脫水成象牙白色 (ivory-to-white) 的病斑，如甕菜、葱、白菜、甘蔗、煙草等。有的則呈紅褐色或褐色病斑，如甘藷、胡瓜、甘蔗老葉等。綠豆雖亦呈象牙白色脫水病斑，唯其中心却顯褐色。葉片受害的病斑形狀，在一般植物爲葉脈間的小斑點或塊斑，或在葉緣形成脫水病斑，有時在葉尖呈捲縮，如煙草；但在單子葉植物如甘蔗則形成與葉脈平行的條斑。這些病

斑出現後，若外界溫度較高或時間再隔久後觀察，則出現壞疽（necrosis），使組織變薄或脫水成半透明外觀，到末期更出現未成熟的葉子提前自葉柄基部脫落。植株在受害後會有不同徵狀出現，係視植物種類、薰蒸濃度及時間長短而定。

當進一步將這些病斑與壞疽部位經組織檢查（histological examination），則由橫切面可發現正常未經 SO_2 處理過的葉片，在海綿組織與柵狀組織葉綠體的顆粒清晰可見（圖 5）。因光合作用，主要藉著葉綠體進行，故大量的葉綠體存於葉肉細胞中，將可加强光合作用效率。而經 SO_2 處理外觀呈暗綠色水漬狀病斑的葉片，則發現海綿組織與柵狀組織先後遭破壞分解成碎片，甚至空化（圖 6）。至於海綿組織較先受害，可能因其與氣孔相鄰，爲葉片的氣體交換場所，最先與 SO_2 接觸而被破壞之故。SO_2 經氣孔進入葉肉細胞後，即被氧化成高毒性的 SO_3（sulfite），再緩慢地被氧化成毒性較低的 SO_4（sulfate），最後被細胞予以中性化。植株若吸入過多量的 SO_2，却來不及將已氧化的 SO_3 轉化成毒性較低的 SO_4，再被中和時，將造成急性傷害；但若 SO_2 吸入較緩且濃度較低時，則植株體內的 SO_4 的堆積亦較未受 SO_2 薰害的同種植株爲高，引起 SO_4 的慢性傷害。[28]

而植株受害嚴重，形成組織外觀的漂白脫水的壞疽時，其橫切面顯示不但葉肉細胞的組織不易分辨清楚，且上下表皮崩解一起（圖 7）。

由於甘蔗係屬於 C_4 植物其横切面構造不同於一般 C_3 植物，除了葉肉細胞（mesophyll cells）外，尙傍有脈鞘細胞（bundlesheath cells），圍在維管束四周，經 SO_2 爲害的甘蔗葉，由横切面觀察到葉肉細胞部分被破壞分解，並擠向脈鞘細胞，但脈鞘細胞却無明顯破壞的情形（圖 8 左側）。

利用電子顯微鏡檢視植株細胞內微細構造（ultrastructure），在正常的葉片細胞中，有很大液胞（vacuole-V），而緊鄰細胞壁（cell wall-CW）的原生質膜（plasmalema-Pl）則將葉綠體有如三明治似地限制於液胞膜（tonoplast-T）與其間。在葉綠體內則見排列整齊的葉綠餅（grana-G）及些許嗜鋨脂肪小球（osmiophilic lipid globules-L）（圖 9）。葉片初呈受害的輕微徵狀，其葉綠體（chloroplast-Ch）發生變形現象，葉綠餅的構造消失，且葉綠囊（thylakoids-Th）構造伸長；另澱粉顆粒（starch grains-S）也有堆積情形（圖10）。當受害情況較嚴重時，則發現葉綠餅（G）膨大鬆散且與葉綠層（stromal lamellae 或 fret-F）有疏離的現象，有些葉綠體則有扭曲變形的情形，脂肪小球（L）與澱粉粒（S）堆積的情形更嚴重了，此外細胞質和原生質膜也被破壞分

圖片說明：

圖 5　正常葱葉横切面（X300）

Fig. 5. Cross-section of normal leaf from welsh onion (X300)

圖 6　受害胡瓜葉初呈暗綠色水漬病斑之横切面（X150）

Fig. 6. Cross-section of dull-green, water-soaked injuried leaf from cucumber (X150)

圖 7　受害香蕉葉呈象牙白色脫水壞疽之横切面（X150）

Fig. 7. Cross-section of ivory-to-white necrosis injuried leaf from tobacco (X150)

圖 8　甘蔗葉處理後受害與未受害之横切面比較（X150）

Fig. 8. Comparision of cross-section between injuried and uninjuried SO_2-treated leaf from sugar cane (X150)

圖 9　正常葱葉之電子顯微鏡構造圖（X20,000）

Fig. 9. Electron micrograph of normal leaf from welsh onion (X20,000)

圖10　甘藷葉初呈受害徵狀之細胞微細構造（X20,000）

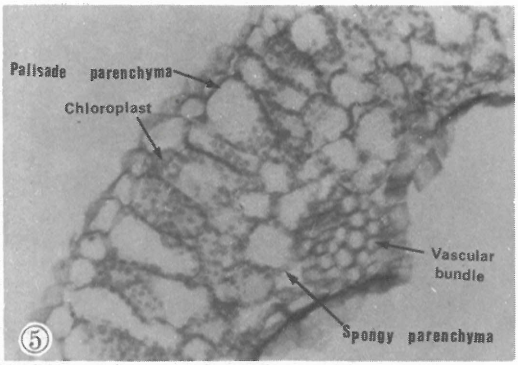
Fig. 10. Ultrastructures of SO_2-injuried leaf from sweet potato at first step (X20,000)

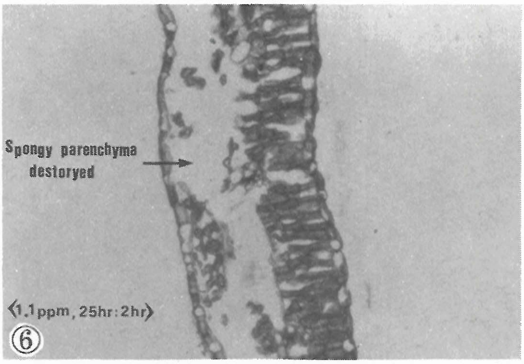
圖11　受害徵狀較嚴重之葱葉微細構造（X20,000）

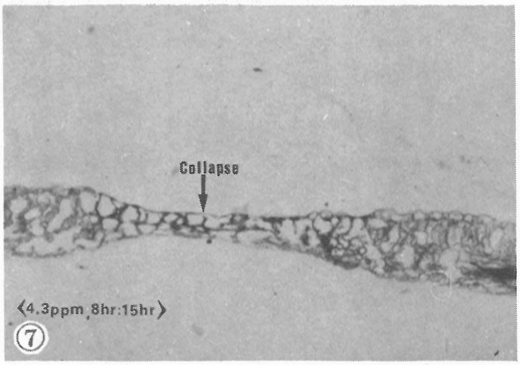
Fig. 11. Ultrastructures of more serious injuried leaf from welsh onion (X20,000)

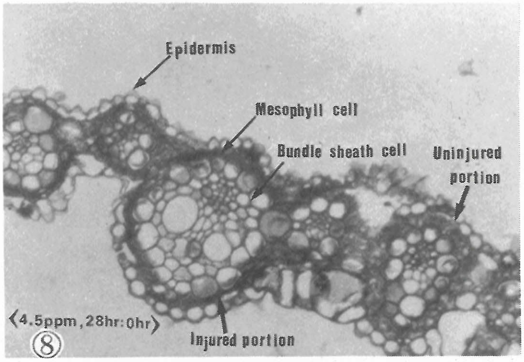
圖12　煙草葉受害末期脫水壞疽之細胞微細構造（X20,000）

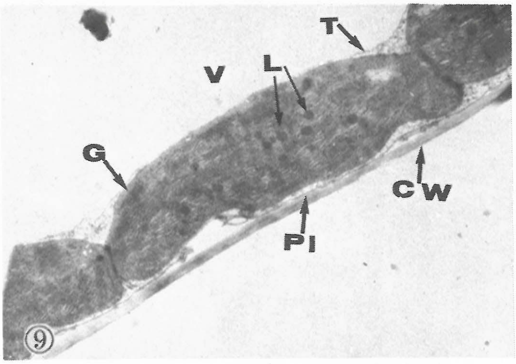
Fig. 12. Ultrastructures of dehydrated, necrotic leaf from tobacco (X20,000)

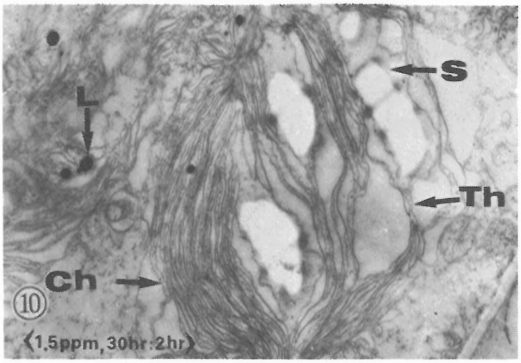

Palisade parenchyma
Chloroplast
Vascular bundle
Spongy parenchyma
⑤

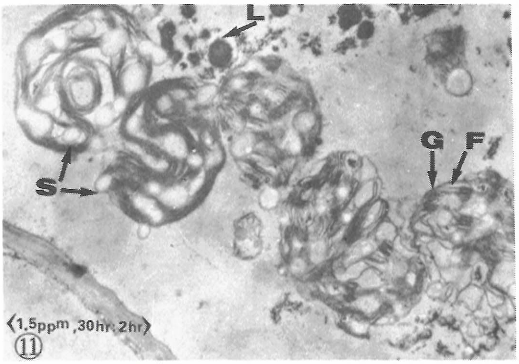

Spongy parenchyma destoryed
〈1.1ppm, 25hr:2hr〉
⑥

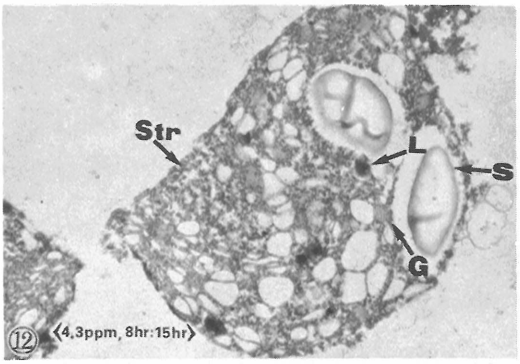

Collapse
〈4.3ppm, 8hr:15hr〉
⑦


Epidermis
Mesophyll cell
Bundle sheath cell
Uninjured portion
〈4.5ppm, 28hr:0hr〉
Injured portion
⑧


T
V
L
G
CW
Pl
⑨


S
L
Th
Ch
⑩
〈1.5ppm, 30hr:2hr〉


L
G
F
S
〈1.5ppm, 30hr:2hr〉
⑪


Str
L
S
G
〈4.3ppm, 8hr:15hr〉
⑫

解（圖11）。在受害末期呈脫水漂白時，則見細胞胞器（organelles）多呈嚴重支解破碎，葉綠基質（stroma-Str）凝聚顆粒化；葉綠餅因膨大，而使得葉綠囊間的空隙變大，形成無數的小囊（vesicles）（圖12）。

植株受到 SO_2 薰害後，因葉綠體被破壞了，所以嵌在其上的葉綠素亦同時遭破壞，並間接地影響其他色素形成，而呈褪綠色甚至紅褐色，黃綠色等病斑。

在植物體內，脂質（lipid）常被貯存做爲構成細胞中膜（membrane）之組成元素之一。當植物本身需要大量能量時，尙可轉換分解，供給所需，例如植株子葉即可藉過氧化酵素體（proxisome或稱 microbodies, glyoxysome）等，將脂質轉化成能量。葉綠囊（thylakoid）的雙層膜即由蛋白質—脂質—色素的複合物所組成，因此當葉綠體遭 SO_2 破壞時，則使囊膜中脂質分解成脂肪小球而堆積起來，同時也使葉綠體轉換成雜色體（chromoplasts）存於細胞器官中。因之脂肪球的堆積或可視爲膜被破壞的一種徵狀。[29]

除了正常甘蔗葉之脈鞘細胞富含澱粉顆粒外，一般受害的植株葉片時有澱粉粒的大量出現，推測其原因，係因分解澱粉的酵素被破壞所致，喪失作用力而使澱粉粒在細胞內形成堆積。[29]

此外在本試驗中，發現在同一條件處理下的不同種類作物，對 SO_2 忍受程度有所不同，因而產生不同受害徵狀，以胡瓜、綠豆、甕菜爲例，前者外觀僅呈輕微脫水的褐斑，不似後兩者受到嚴重的漂白有脫水；同時胡瓜亦較完整的柵狀組織存在，由此可推測胡瓜對於 SO_2 的忍耐度較其他二者爲強。在所有供試作物中，以甘蔗對 SO_2 耐力最大，須以高濃度且長時間處理，才顯受害徵狀。

參考文獻

1.郎咸白，1982，空氣汚染物之形成及其影響。環境科學。2(2)：3—20

2.羅美棧，魏維新，黃孝信，1978，臺灣省空氣汚染影響農業實況調查及空氣汚染區域改善研究工作報告。臺灣省環境衛生實驗所報告。

3.同上，1979。

4.蔡淑華，1972，植物解剖學。國立編譯館。30—48

5.鄭湧涇，1973，光合作用淺說。國立教育資料館主編。79—85

6. Muddy, J. B. & T. T. Kozlowski. 1975b. Responses of plants to air pollution. 9-22, Academic Press Inc., N. Y.

7. Heck, W. W. & S. Brandt. 1977. Air pollution effects on vegetation : Native, crops, forests. In Air Pollution. vol. 2, 158-229. ed. by A. C. Stern. N. Y. Academic Press.

8. Prasad, B. J. & D. N. Rao. 1982. Relative sensitity of a Leguminous and a cereal crop to sulfur dioxide pollution. Environmental Pollution. (series A) 29 ; 57-70.

9. Jacobson, J. S. & A. C. Hill. 1970. Recognition of air pollution injury to vegetation : A pictroial atlas. C1-17. Air Pollution Control Association.

10. Katz, M. & G. A. Ledingham. 1938. Effect of sulfur dioxide on vegation. NRC815, 332-6. Natl. Res. Counc. Can. Ottawa, Ontorio.

11. Taoda, H. 1973b. Effect of air pollution on bryophtes. (I) SO_2 tolerance of bryophytes, Hikobia. 6 : 238-50.

12. Stern, A. C. 1977. Air pollution. 164-7. 3rd ed., Academic Press N. Y.

13. Jager, H. J. & H. Klein. 1977. Biochemical and physiological detection of SO_2 injury to pea plant (Pisum sativum). J. Air Pollution Contr. Ass. 27 : 464-6.

14. Manning, W. J. & W. A. Feder. 1980. Biomonitoring air pollutants with planted. 19-22. Applied Science Published Ltd., London.

15. Olszyk, D. M. & T. W. Tibbitts. 1981. Stomatal response and leaf injury of Pisum sativum L. with SO_2 and O_3 exposure. Plant Physiol. 67 : 539-44.

16. Whitmore, M. E. & P. H. Freer-Smith. 1982. Growth effects of SO_2 and/or NO_2 on woody plants and grasses during spring and summer. Nature, vol. 300, 4, Nov., 55-7.

17. Baker, C. K., M. H. Unsworth & P. Greenwood. 1982. Leaf injury on wheat plants exposed in the field in winter to SO_2. Nature, vol. 299, 9, Sept., 149-50.

18. Thomas, M. D. 1961. Effects of air pollution on plants. In Air Pollution. World Health Organ. Monoger, ser. No. 46 Columbia Univ. Press.

19. Thomas, M. D. 1951. Gas damage to plant. Annual Rev. Plant Physiol. 2 : 293-332.

20. Su, J. W. & C. A. Swanson. 1974. Short term kinetic studies on the inhibition of photosynthesis by SO_2. J. Environ. Qual. 3 : 103-7.

21. Matsuoka, Y. 1978. Injury on rice plants caused by sulfur dioxide and it mechanism. Jap. Agı. Res. Quart. 12 : 183-6.

22. Ormrod, D. P. 1978. Pollution in horticulture. Elesvier Scientifi Publishing Company. N. Y. 104-6.

23. Rao, D. N. & F. Leblance. 1966. Effects of sulfur dioxide on the lichen algae with special reference to chlorophyll. Bryologist. 69 : 69-75.

24. Wellburn, A. R., O. Majernik & F. A. M. Wellburn. 1972. Effects of SO_2 and NO_2 polluted air upon the ultrastructure of chloroplast. Environ. Pollut. 3 : 37—49.

25. Thomson, W. W. 1975. Effects of air pollutants on plant ultrastructure. In Mudd & Kozlowski(ed.) Responses of plants to air pollution. Academic Press.

26. Millonig, G. 1961. A modified procedure for leaf staining of thin sections. J. Biochem. Cytol. 11 : 736-9.

27. Ledbetter, M. C. & K. R. Porter. 1970. Introduction to fine structure of plant cells. Spring-Verlag Berlin-Heidelberg. 133-45.

28. Lacasse, N. L. and M. Treshaw (eds.) 1978. Diagnosing vegetation injury caused by air pollution. U. S. Environmental Protection Agency Handbook.

29. Ch. Hecht-Buchholz. 1984. Personal communication.

Effects of Sulfur Dioxide on Organelles of Crops[1]

M. H. Chen[2]

Summary

Sulfur dioxide is one of the main pollutants in Taiwan. The symptoms of injury always show interveinal necrosis with water-soaked green, ivory-to-white, brown, reddish-brown and black. This study was aimed to indentify the effects of those symptoms on cell structure and organelles.

Experiments were conducted with crops under the same environmental factors (temperature, relative humidity and intensity) and different gas concentration, and exposure time. The crops included : water convolvulus, welsh onion, sweet potato, cucumber, mung bean, banana, sugar cane and tobacco. Examing the cross-section and ultrastructre of leaf cells in injury portion usually revealed : spongy parenchyma and palisade parenchyma collapsed, structure lost, chloroplasts deformed, grana stacks swollen, grana and lamellae disorganized, stroma granulated, strach granules and osmiophilic lipid globules accumulated, cytoplasma disintergrated, plasmalema deformed.

---

1. Contribution No. 1187 from Taiwan Agriculatural Research Institute. Thanks due to Dr. L. S. Leu & Mr. C. W. Chang of Plant Protection Center and Dr. Ch. Hecht-Buchholz of visiting professor in Taiwan University in assisting electron microscopy.

2. Researsh assistant, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, R. O. C.

Jour. Agric. Res. China (中華農業研究) 33(4) : 395~405 (1984)

Fusarium Root Rot and Wilt of Garden Peas in Taiwan[1]

Y. S. Lin, W. Sun and Pie-Han Wong[2]

Abstract : In Taiwan, garden pea (*Pisum sativum*) is severely infected by a disease with symptoms of root rot, breakdown of vascular tissues, and wilt of the infected plants. This disease has been identified as either a wilt [caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* (FOP)], or a root rot [caused by *F. solani* f. sp. *pisi* (FSP)], or a disease complex in which wilt and root rot act together in the field. The major isolates of FOP isolated from field specimens in Taiwan caused 'near wilt' symptoms on inoculated pea plant in a greenhouse, and had a similar cultural characteristics to FOP race 2 when grown on PDA medium. However, the cultivar New Season which is reported by other workers to be resistant to race 1, 2, and 6 of FOP, was susceptible. Conversely, the cultivars Mini and New Era, which were reported susceptible to race 5, were resistant to this isolate. Therefore, our isolate may be a new race of FOP. Isolates of FSP with long macrospores could be obtained frequently from the vascular tissues of the upper stem of diseased plants under fairly high temperature conditions of 23°C or more. This particular group of FSP isolates caused severely root rot and vascular discoloration of the upper stem in several accessions/cultivars of peas known to be resistant to FSP or FOP race 2. The results thus indicated that this group of isolates were highly virulent ones of FSP with the ability to invade cortical and vascular tissues.

Garden pea (*Pisum sativum*) was, in the past, a minor winter crop in Taiwan and there were few records of any disease. Recently, however, the cultivation acreage has increased rapidly as a result of a new export trade in fresh pea pods, and reached about 8,000 ha. (16). Many early pea crops are sown during the hot summer months from August to October, and many formerly undiagnosed diseases have thus now become significant. Field observations from 1981 to 1983 in central and southern Taiwan revealed that pea plants were heavily damaged by a disease named 'pea likubin' (Fig. 1) by farmers . The disease bacame particularly serious after the new cultivar TC-11 had been released for commercial production since 1979. It began with rot around the cotyledon attachment area, then progressed up to the soil line and down to the tap root, and

1. Contribution No. 1188 from the Taiwan Agricultural Research Institute. This paper is reprinted from 'Soilborne Crop Diseases in Asia', FFTC Book Series No. 26. This project was partialy supported by Council for Agricultural Planning and Development. We thank Dr. J. M. Kraft for his helpful comments and supplying the pea seeds.

2. Senior Plant Pathologist and Head, Assistant plant pathologist, and Research Assistant, Department of Plant Pathology, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.

ended with leaf yellowing, vascular discoloration, and complete wilt of the plant. The brick red vascular discoloration occurred not only in the root, but also in the upper stem. The disease was particularly common in the early crop of peas grown in fields with no rice rotation. Diseased plants were scattered throughout the field, rather than concentrated in patches. Isolations from the many field specimens consistantly yielded both *Fusarium solani* f. sp. *pisi* (Jones) Snyd. & Hans. (FSP) and *F. oxysporum* f. sp. *pisi* (Linford) Snyd. & Hans. (FOP), from both diseased roots and stems. It seems, therefore, that both FSP and FOP were acting together in the field to produce the 'pea likubin' disease. However, the fact that FSP could be isolated so frequently from the upper stem of diseased plants was unexpected, because this fungus was thought to be a cortical decay pathogen which did not usually move up the stem above the soil line [3,4,8,9,13]. Eleven races of the wilt fungus (FOP) had been previously described [1], but only races 1, 2, 5, and 6 were considered by Kraft and Haglund to be valid [10]. In addition, the resistance of pea cultivars to races 1, 2, 5, and 6 seems to be determined by single, separate dominant genes in the host. We, therefore, studied the pathogenicity of FSP isolated from vascular tissues of upper stems, and the race identification of FOP found in peas in Taiwan.

Materials and Methods

Sources of seed.-The pea cultivars used in this investigation were : Dark Skin Perfection, Mini, New Era, New Season, WSU-23, 74SN5, 792022, P. I. 257593 (supplied by Dr. J. M. Kraft from Washington, USA), TC-9, TC-11 and Native White (supplied by Taichung District Agricultural Improvement Station, Taiwan).

Isolation of the pathogens.-Diseased plants were dug up at random from pea fields , and washed in running tap water in the laboratory. Symptoms of root rot, leaf yellowing and vascular discoloration were examined and recorded. Pieces of diseased tissue(1 cm long) of root, and the vascular tract of the upper stem from at least 6 cm above the ground, were surface sterilized in a solution of sodium hypochlorite (5.25%) and alcohol (95%) for 45 sec, then placed on PCNB [12] and potato dextrose agar (2%) and incubated at room temperature (22—30°C). Single spores were isolated on PDA and incubated at 24°C, under fluorescent light 12 hr a day. The cultural characteristics were recorded. All isolates were stored in autoclaved soil for further studies.

Pathogenicity tests.-The pathogenicity of each isolate of *F. oxysporum* was determined by inoculating the differential cultivars (Table 2) by using the root prune and dip technique [5]. When seedlings grown in perlite were 10 days old and had produced 4—5 nodes, they were pulled out of the perlite and their roots cut short approximately 4 cm below the cotyledon attachment area. The seedlings were then dipped into the spore suspension (10^5 spores/ml) so the cotyledons were covered, transplanted into sterile perlite, and watered with a Hoaglund's solution. The temperature in the growth chamber (model S10H, Conviron) was maintained at 24°C, with a 12-hr photoperiod and 15,000 lux of light per day. The number of dead plants was read 35-42 days after inoculation.

The pathogencity of each isolate of *F. solani* was determined by inoculating each

of the cultivars (Table 4) by using infested soil. A mixture of virgin soil (loam) and river sand (3 : 1, v/v) was infested with spore suspension of *F. solani* and incubated in a greenhouse for 10 days. The infested soil had an inoculum density of 10^5 propagules/g of soil assayed on PCNB medium. The inoculum density of the infested soil was then adjusted to 10^4 or 10^3 propagules/g of soil by adding clean soil. Surface-sterilized seeds were then sown, and incubated in growth chambers at different temperature (12, 20, 24, 28, or 33°C). Disease readings were taken 42 days after inocluation. The degree of root rot was rated on a scale ranging from 0 (=healthy) to 4 (=roots with severe decay extending up to the basal stem or down to the tap root) (see Table 3). Vascular discoloration in the root and upper stem was also recorded. Tissues of all diseased plants were placed on PCNB medium, in order to again isolate the pathogen.

Results

Isolation of pathogens.-Thousands of field specimens collected from central and southern Taiwan were examined, and hundreds of them were subjected to isolation of the pathogens. *F. solani* and *F. oxysporum* sensu Snyder and Hansen[15] were consistantly isolated from both diseased roots and the diseased vascular tract of upper stems. In fields where no rice rotation had been practiced, the ratio of *F. solani* to *F. oxysporum*, isolated from the vascular tract of the upper stem at least 6 cm above the ground, was 4 : 5. However, the same value in fields where rice was part of the crop rotation system was 7 : 1. According to macrospore charactreristics and pigmentation of cultures grown on PDA, the isolates of *F. oxysporum* fell into 3 categories (see Table 1). Those belonging to the first group (FO-A)were most common, and similar to *F. oxysporum* f. sp. *pisi* race 2 in terms of cultural appearance. The second group (FO-B) was much smaller, and may be a varient, since it could be obtained from old cultures of group FO-A. The last group (FO-C) seemed to comprise saprophytic fusaria. The isolates of *F. solani* definitely fell into 2 groups (Table 1). Group FS-L possessed long macrospores, while group FS-S characterized by short macrospores (Fig. 4).

Table 1. Frequency and characteristics of *Fusarium oxysporum* (FO) and *F. solani* (FS) isolated from different parts of diseased pea plants.

Group designation	Source of isolate	Frequency (%)	Type isolate	Characteristics on PDA medium				
					Macrospores			Pigmention
					Number	Size (u×u)	Septum	
FO-A	Diseased stem	54	FOP-73	Sporodochia	Many	33.0×5.0	2—3	Dark purple
FO-C	Diseased stem	8	FOP-17	Ropy	Scarce	29.5×5.0	2—3	Purplish red
FO-B	Diseased stem	38	FO-1	Sporodochia	Many	37.5×5.0	2—3	Brown
FS-L	Diseased stem & root	31	T-4	Pionnotes	Many	46.8×4.7	3—4	Blue green or reddish purple
FS-S	Diseased stem & root	69	D-4	Pionnotes	Many	32.6×4.7	3—4	Buff, cream or brown

Race identification of FOP.-Many isolates of *F. oxysporum* from pea plants were used in the inoculations. However, isolates FOP-73, FOP-17 and FO-1 were chosen to represent group FO-A, FO-B and FO-C, respectively. The results are shown in Table 2. Isolate FO-1 was not pathogenic to peas, and was not thought to be a pathogen of peas. Isolates FOP-17 and FOP-73 caused symptoms of near wilt including curling and chlorosis of leaves and stipules, lateral wilt, and a brick red discoloration of the vascular tract which symptoms extended to the top of the plant (Fig. 2). The two pathogenic isolates had a similar effect on differential cultivars (Table 2), although they varied in macrospore production and pigmentation on PDA medium (Table 1). The reactions were similar to those of FOP race 2 sensu Kraft and Haglund [10], except that cultivar New Season was susceptible to the isolates found in Taiwan.

Pathogenicity tests of FSP.-In preliminerary tests using the soil infestation method, isolates of FSP in group FS-L (long macrospores) were more virulent to peas than those in group FS-S (short macrospores). The former group caused severe root rot and stem vascular discoloration (Fig. 3) whereas the latter caused only slight or moderate root rot (Table 3) . IsolateT-4 and D-3 were chosen to represent each group in further studies.

Table 2. Percentage of dead pea plants 35—42 days after inoculation with different isolates of *Fusarium oxysporum* in a growth chamber at 24°C.

Cultivar	Isolate			Race of FOP^a			
	FO-1	FOP-17	FOP-73	1	2	5	6
Dark Skin Perfection	0	80(S)	90(S)	R	S	S	S
Mini	0	0(R)	0(R)	S	R	S	S
New Era	0	30(R)	30(R)	R	R	S	S
New Season	0	80(S)	100(S)	R	R	S	R
WSU-23	0	20(R)	0(R)	R	R	R	S
TC-11	0	100(S)	100(S)				

a. Race concept of *F. oxysporum* f. sp. *pisi* according to W. A. Haglund and J. M. Kraft (7). S=Susceptible ; R=Resistant.

Subsequent inoculations in the greenhouse or growth chamber (model S10H, Conviron) revealed that isolate T-4 caused severe root rot in peas (cultivar TC-11) at a soil temperature of 20°C or above, but not at 12°C. It also caused vascular discoloration of the upper stem at 28°C or more, but not at 20°C or less. Isolates D-3, however, caused only slight root rot, and no vascular discoloration occurred at any of the temperatures tested (Table 3). The optimum inoculum density for disease development on peas inoculated with isolated T-4 and grown in greenhouse at a temperature of 28—33°C, was 10^3 propagules/g of soil. The inoculated plants started to show root rot symptoms 2 wk after inoculation, and reached severe decay at 4 wk, but vascular discoloration of the stem did not appear until 6 wk after inoculation.

Table 3. Effect of temperature on disease development in pea plants (cultivar TC-11) inoculated with isolates T-4, D-3, and D-4 of *Fusarium solani* (10^4 propagules/g of soil) and incubated in a growth chamber 42 days after inoculation.

Temp.[c] (°C)	Isolate	Root rot[a] index	Vascular discoloration (%)		Reisolation (%)[b]			
					Root		Stem	
			Root	Stem	FS-L	FS-S	FS-L	FS-S
33	T-4 (FS-L)	4.0	90	70	—	—	—	—
28		3.9	73	43	100	18	50	10
24		3.8	43	7	—	—	—	—
20		3.8	6	6	—	—	—	—
33	D-3 (FS-S)	1.8	0	0	—	—	—	—
28		1.3	0	0	0	89	0	33
24		1.2	0	0	—	—	—	—
20		0.4	0	0	—	—	—	—
33	D-4 (FS-S)	3.5	30	0	—	—	—	—
28		3.2	17	0	0	63	0	84
24		2.1	0	0	—	—	—	—
20		2.2	0	0	—	—	—	—
33	CK	1.4	0	0	—	—	—	—
28		1.0	0	0	0	33	0	0
24		0.6	0	0	—	—	—	—
20		0.3	0	0	—	—	—	—

a. 0=Healthy ; 1=Small lesion on cotyledon node ; 2=Large lesion on cotyledon node ; 3=Root decay, extending up to basal stem or down to tap root ; 4=Severe decay and death of plant.
b. FS-L=Long-macrospore FSP ; FS-S=Short-macrospore FSP.
c. All inoculated plants at 12°C are healthy in all treatments.

In further inoculation tests, surface-sterilized seeds of several pea cultivars grown commercially in Taiwan (TC-9, TC-11 and Native White), and several more accessions/cultivars reported either resistant (P. I. 257593), tolerant (74SN5, and 792022) or susceptible (New Season and WSU-23) to FSP, were sown in a soil which had been infested with isolate T-4 or D-3 (10^4 propergules/g of soil), and incubated at 28°C in a growth chamber for 6 wk. The results (Table 4) showed that none of the accessions/cultivars tested was resistant to isolate T-4, in that all showed symptoms of root rot. All diseased plants also showed a high level of vascular discoloration in both root and stem, except accessions P. I. 257593 and TC-9, which showed some resistance. Isolate D-3 caused only slight root rot in all tested cultivars. Reisolation of the pathogen revealed that long-macrospore FSP was obtained mainly from the stems of diseased plants inoculated with

isolate T-4. However, short-macrospore FSP was isolated mainly from roots, and in a few cases from stems, of diseased plants inoculated with isolate D-3 and T-4.

Table 4. Results of inoculation and reisolation of different cultivars of pea plants inoculated with isolates T-4 and D-3 of *Fusarium solani* f. sp. *pisi* (FSP) in growth chamber (28°C) 6 weeks after inoculation.

Isolate	Cultivar	Root rot[a] index	Vascular discoloration (%)		Reioslatation (%)[b]			
					Root		Stem	
			Root	Stem	L.	S.	L.	S.
T-4	P. I. 257593	3.8	29	7	100	0	0	9
	792022	4.0	60	60	75	75	60	20
	74SN5	4.0	100	88	100	0	12	24
	WSU-23	4.0	100	100	100	100	—	—
	New Season	4.0	100	100	100	0	100	0
	TC-9	3.2	40	40	100	25	22	0
	TC-11	3.8	92	79	100	0	50	0
	Native White	3.6	91	73	100	0	28	28
D-3	P. I. 257593	0.5	0	0	0	90	0	0
	792022	2.0	22	0	0	77	0	55
	74SN5	1.4	0	0	0	50	0	36
	WSU-23	2.4	20	0	0	100	0	0
	TC-9	0.9	0	0	0	100	0	0
	TC-11	1.0	0	0	0	55	0	84
	Native White	1.8	0	0	0	87	0	14
CK	TC-11	1.2	0	0	0	7	0	0

a. 0=Healthy; 1=Small lesion on cotyledon node; 2=Large lesion on cotyledon node; 3=Root decay, extending up to basal stem or down to tap root; 4=Severe decay and death of plant.
b. L=Long-macrospore FSP; S=Short-macrospore FSP.

Discussion

Results from the field survey and inoculation tests indicate that 'pea likubin', the major disease of garden peas in Taiwan, is either wilt (caused by *F. oxysporum* f. sp. *pisi*) or a root rot disease (caused by *F. solani* f. sp. *pisi*), or a disease complex in which both wilt and root rot act together in the field.

Fusarium wilt of peas has been reported from many countries[9], and can be controlled by growing resistant cultivars[10]. Many physiological races of the pathgen have been described. Linford[11] first reported wilt of peas in Wisconsin in 1928. The causal

organism was reclassified as *F. oxysporum* f. sp. *pisi* race 1 by Snyder and Hansen[15]. Another race which caused 'near wilt' was described by Snyder [14] in 1933, and was designated as race 2. In 1951, Schreuder (cited in 3) reported race 3 in the Netherlands. Later, Buxton[3] found a race similar to Schreuder's race 3. In 1966, Bolton *et al.* [2] described race 4 in Canada. In 1970 and 1979, Haglund and Kraft[5,6] described races 5, and 6, respectively, in northwest U. S. A.. Howerer, in 1974, *F. oxysporum* f. sp. *pisi* was reclassified into 11 races, including those previously described as 1, 2, and 5 by Armstrong and Armstrong[1]. Later, Kraft and Haglund[10] found that these 11 races varied only in virulence, not in specific pathogenicity, and all were divided into either race 1 or 2. Kraft and Haglund[10] insisted that only race 1, 2, 5 and 6 are valid, and stated that it was essential to use pea cultivars with known genes for resistance as differentials, together with standard inoculation procedures, in evaluating pathogenic forms of *F. oxysporum* f. sp. *pisi.* According to Kraft and Haglund's race concept of pea wilt pathogens, the present study used the cultivar Mini, known resistant to race 2 and susceptible to race 1, 5, and 6 (Kraft, personal communication), and a further 4 of the 8 differential cultivars used by Haglund and Kraft[6]. The inoculation tests were conducted following the standard inoculation procedures described by Haglund and Kraft [5].

The results showed that isolate FOP-17 and FOP-73 were both pathogenic, but could not be distinguished in terms of their effect on differential cultivars. A comparison of wilt reaction in the differential cultivars to race 1, 2, 5, and 6 (based on published information) with those to our isolates (Table 2) revealed that our isolates could not be grouped into any reported race. Our isolates had similar cultural characteristics and reaction types to those of race 2, on all cultivars tested except New Season. The death of 80% and 100% of test plants of the cultivar New Season inoculated with isolates FOP-17 and FOP-73 respectively (Table 2), indicates that these isolates have specific pathogenicity to this cultivar, which, however, had been reported resistant to race 1, 2, and 6[6]. The *F. oxysporum* f. sp. *pisi* occurring in Taiwan may, therefore, be a new race.

Since Jones[8] first described the root rot in peas, many workers[3,4,9] have agreed that the disease is characterized by cortical decay and a brilliant red discoloration of diseased vascular tissues in the root. This discoloration does not normally extend up to the stem, because FSP is not a vascular parasite. Hilderth[7] reported that he had obtained an isolate of FSP which could invade the upper stem of the pea plant far beyond its normal cotyledonal region, with a vascular penetration similar to that of near wilt caused by FOP race 2. In our studies, isolates of this pathogen with long macrospores (group FS-L) were frequently obtained from vascular tracts in the upper stems of field specimens. Most were found in stem at least 6 cm above the ground, and sometimes, at the top of the plants. The possibility of internal movement as a result of insect damage was carefully eliminated. Our inoculation results (Table 3) indicated clearly that temperatures of 28°C or more were essential for long-macrospore FSP, but not for short-macrospore FSP (group FS-S), to induce vascular discoloration in both roots and

stems. Inoculated plants incubated at 20°C showed root rot but less vascular discoloration in the root and stem. This effect of temperature on symptom expression accounts for the vascular discoloration seen in 'likubin' disease in pea crops in Taiwan, which reach the seedling stage when temperature are high. The seeding date of the early pea crop in fields which do not grow rice as part of the crop rotation is from August to October. Average daily temperatures during this period are around 24-28°C. The degree of damage naturally depends on the temperature levels which follow. Moreover, several P. I. accessions/cultivars known to be resistant to FOP race 2 or FSP, after inoculation with isolate T-4 (long-macrospore FSP), were severely attacked, and showed clear vascular discoloration in the upper stem. The two exceptions were P. I. 257593 and TC-9, which showed some degree of resistance (Table 4). The results also indicated that most pea cultivars introduced from U. S. A. could not have good growth and the resistance to FSP might be overcome at higher temperatures (above 28°C). Reisolation from the diseased upper stem again yielded long-macrospore FSP, and in a few cases short-macrospore *F. solani* (Table 3, 4). The former was the main cause, and the latter might be one of the organisms in natural soil activated by the treatment of this inoculation experiment. The results indicate that our long-macrospore FSP is not FOP race 2, but a very strongly virulent isolate of FSP with the ability to invade cortical and vascular tissues under high temperatures.

Literature Cited

1. Armstrong, G. M., and J. K. Armstrong. 1974. Races of Fusarium oxysporum f. sp. pisi ; causal agents of wilt of peas. Phytopathology 64 : 849-857.
2. Bolton, A. T., V. W. Nuttall, and L. H. Lyall. 1966. A new race of Fusarium oxysporum f. sp. pisi. Can. J. Plant Sci. 46 : 343-347.
3. Buxton, E. W. 1955. Fusarium diseases of peas. Trans. Brit. Mycol. Soc. 38 : 309-319.
4. Hagedorn, D. J. 1976. Handbook of Pea Diseases. Univ. of Wisconsin-Madison, U. S. A., 41p.
5. Haglund, W. A., and J. M. Kraft. 1970. Fusarium oxysporum f. pisi race 5. Phytopathology 60 : 1861-1862.
6. Haglund, W. A., and J. M. Kraft. 1979. Fusarium oxysporum f. pisi race 6 : Occurence and distribution. Phytopathology 68 : 818-820.
7. Hildreth, R. C. 1958. Genetic variation and variability of Fusarium solani f. pisi and F. oxysporum f. pisi race 2. Dissertation Abstr. 18 : 1196. [In R. A. M. 38 : 345 (1959)].
8. Jones, F. R. 1923. Stem and root rot of peas in the United States caused by species of Fusarium. J. Agric. Res. Res. 26 : 459-476.
9. Kraft, J. M., D. W. Burke, and W. A. Haglund. 1981. Fusarium diseases of beans, peas, and lentils, pp. 142-156 *In* P. E. Nelson, T. A. Toussoun, and R. J. Cook eds. Fusarium : Disease, Biology, and Taxonomy. Penn. State Univ. Press, Univ. Park and London. 457p.
10. Kraft. J. M., and W. A. Haglund. 1978. A reappraisal of the race classification of Fusarium oxysporum f. sp. pisi. Phytopathology 68 : 273-275.
11. Linford, M. B. 1928. A Fusarium wilt of peas in Wisconsin. Wis. Agric. Exp. Stn. Bull. 85. 44p.
12. Nash, S. M., and W. C. Snyder. 1962. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the bean root rot Fusarium in field soils. Phytopathology 52 : 567-572.

13. Perry, D. A. 1959. Studies on the mechanism underlying the reduction of pea wilt by Fusarium solani f. pisi. Trans. Brit. Mycol. Soc. 42 : 388-396.

14. Snyder, W. C. 1933. A new vascular Fusarium disease of peas. Science 77 : 327.

15. Snyder, W. C., and H. N. Hansen. 1940. The species concept in Fusarium. Am. J. Bot. 27 : 64-67.

16. Taiwan Agricultural Yearbook. 1981. Department of Agriculture and Forestry, Taiwan Provincial Government, R. O. C.. 222p. (in Chinese).

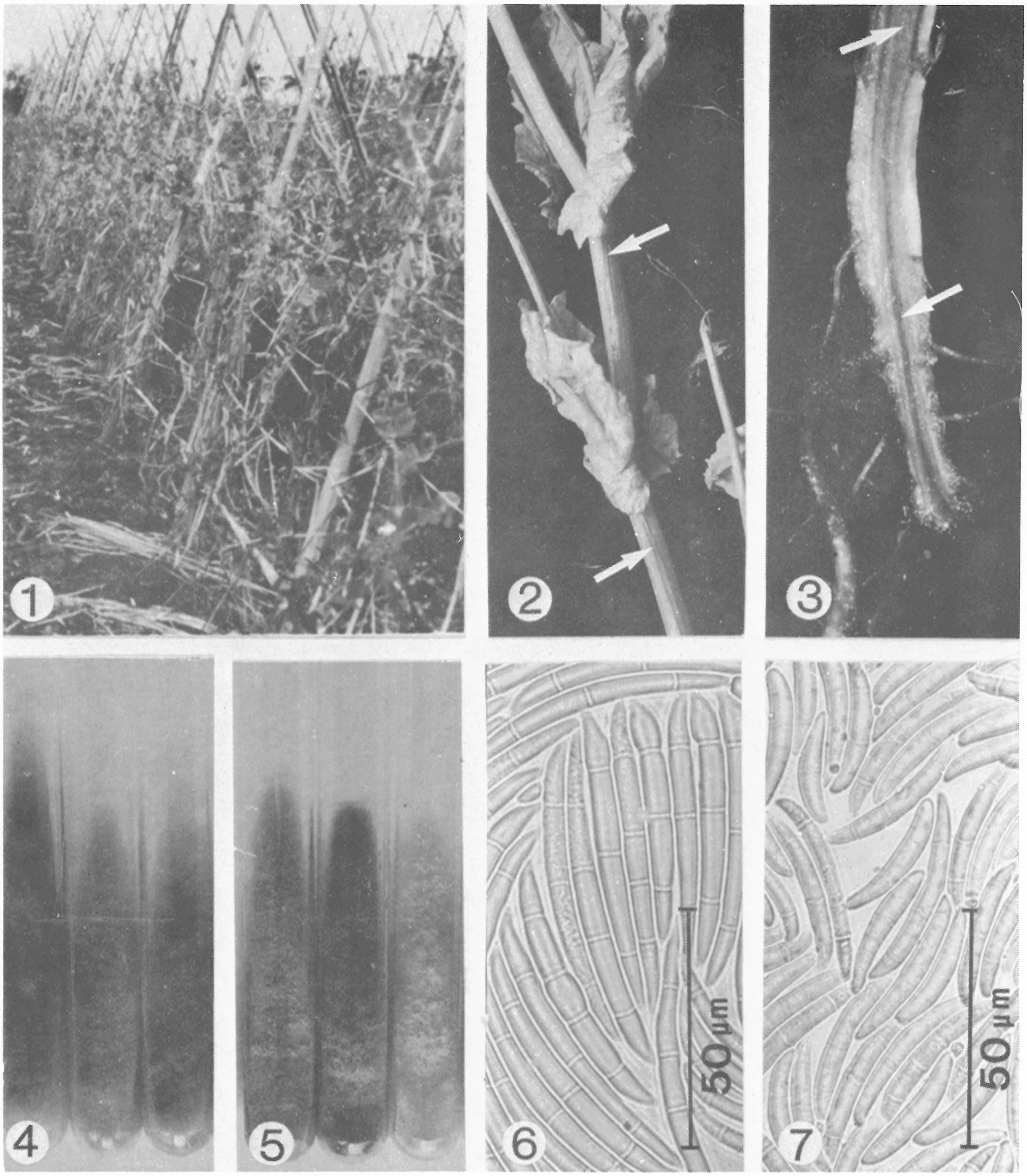


Fig. 1. Garden peas severely damaged by 'pea likubin', identified as a wilt (caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*) or root rot disease (caused by *F. solani* f. sp. *pisi*), or a disease complex in which wilt and root rot act together in the field.

Fig. 2. Pea wilt (cultivar TC-11) caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* consisting curling and chlorosis in leaves on one side of the plant and vascular discoloration (arrows).

Fig. 3. Pea root rot (cultivar TC-11) caused by *Fusarium solani* f. sp. *pisi* consisting root rot and vascular discoloration in the root and stem (arrows).

Fig. 4. Isolate T-4 of *Fusarium solani* f. sp. *pisi*.

Fig. 5. Isolate D-3 of *Fusarium solani* f. sp. *pisi*.

Fig. 6. Macrospores of isolate T-4 of *Fusarium solani* f. sp. *pisi*.

Fig. 7. Macrospores of isolate D-3 of *Fusarium solani* f. sp. *pisi*.

臺灣豌豆根腐及萎凋病[1]

林益昇 沈懷德 汪碧涵[2]

摘 要

臺灣豌豆嚴重感染一種病害，引起罹病植株根腐，維管束組織褐化以及萎凋等病徵。本病害被鑑定爲萎凋病（病原菌爲 *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*）或根腐病（病原菌爲 *F. solani* f. sp. *pisi*）或者萎凋病與根腐病在田間複合感染所致。由田間標本分離所得之萎凋病菌，在溫室接種試驗中引起豌豆擬萎凋病徵，並且在馬鈴薯瓊脂培養基上表現與擬萎凋病菌（*F. oxysporum* f. sp. *pisi* race 2）相似之培養性狀。然而接種試驗顯示，被報告對萎凋病菌之 race 1, 2 及 6 具抵抗性的 'New Season' 品種却對供試菌株呈感病性。又被報告對萎凋病菌 race 5 具感病性之 'Mini' 及 'New Era' 品種却對供試菌株呈抵抗性反應。因之，我們的菌株似乎是萎凋病菌新出現的生理小種。從高溫 (28°C 以上)下生長之病害標本，常可在病變的莖部維管束組織分離到具有長形大胞子的根腐病菌。接種試驗顯示這一羣的根腐病菌可在若干對根腐病及擬萎凋病呈抵抗性之品種(系)引起根腐及莖部維管束褐化等病徵。顯然這一羣特殊的根腐病菌病原性極强，並且有能力侵害皮層及維管束組織。

1.臺灣省農業試驗所 研究報告 1188 號。轉載自 'Soilborne Crop Diseases in Asia', FFTC Book Series No. 26. 本計畫承行政院農業發展委員會補助及 Dr. J. M. Kraft 提供豌豆種子與建議，謹致謝意。

2.本所植病系研究員兼系主任、助理研究員及研究助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China ）33(4)：406～417（1984）

草莓葉蟎生物防治（1）[1]

羅幹成　曾信光　何琦琛[2]

摘要：本文爲一系列試驗結果之初報，內容包括草莓上神澤葉蟎(*Tetranychus kanzawai* Kishida)和二點葉蟎（*T. urticae*（Koch)）之大量繁殖法；天敵一長毛捕植蟎（*Amblyseius longispinosus*（Evans)）大量繁殖法；長毛捕植蟎之冷藏；遷移能力之測定；不同食餌對其生育及捕食量之影響；其對不同葉蟎及在不同葉蟎密度下捕食能力之比較；以及其在草莓田間防治神澤葉蟎及二點葉蟎之結果。簡要說明如下：在光周期 14L-10D 及溫度 25±1°C 條件下，兩種葉蟎在盆栽大豆上經10天之繁衍可獲致10倍之收穫量，二種間並無明顯差異；在食餌葉蟎充分供應下，於 30±2°C 時，在大豆植株上接入 5 隻／株雌性長毛捕植蟎，經 14 天可增殖至 400隻／株；而在 20±1°C 時，則需經27天方可增殖至400隻／株；長毛捕植蟎在5°C定溫箱內，若將濕度維持在 85—95%RH 之範圍內，經11天冷藏，對其存活及活力並未造成明顯不利之影響，而經15天冷藏，其存活率仍達 65.4%；其遷移能力直接受溫度之影響，而其食餌密度又可間接影響其遷移速度，在一般情況下，葉蟎密度愈高，其遷移速度愈慢，反之則愈快，而其本身密度之高低，亦影響其遷散速度及分布均勻度，一般其密度愈高，愈促使其加速遷散，並且分佈均勻度亦較高，反之則否；神澤葉蟎和二點葉蟎均爲長毛捕植蟎幼期之適宜食餌，一旦發育爲成蟎後，長毛捕植蟎捕食神澤葉蟎量較二點葉蟎高出 42%，而其產卵量亦較捕食二點葉蟎者高出 14%；而在兩種葉蟎不同密度下，神澤葉蟎密度愈高，長毛捕植蟎之捕食量可隨之增高，但二點葉蟎密度愈高，在開始時長毛捕植蟎捕食量亦會隨之上升，但升至某一食餌蟎密度以上時，捕食量不再增加，反有下降趨勢；田間釋放長毛捕植蟎防治高密度神澤葉蟎(約200隻／複葉)，每株釋放10隻以上，經過 4 周可達 85%之防治效果，經過 5 周更可達 98%之防治佳績；但對高密度二點葉蟎（312隻／複葉）而言，雖經 3 次釋放長毛捕植蟎，仍無法抑制其棲羣繼續上升，其對低密度二點葉蟎（13 隻／複葉）之壓抑效果，僅有 2 周，爾後仍需加强長毛捕植蟎之釋放，方可維持較長期之效果。

草莓（*Fragaria chiloensis* var. *ananassa* Duch.)爲本省極賦潛力的高價集約栽培果蔬，在盛產草莓之 2 至 4 月間，葉蟎類（spider mites）常猖獗發生[4]。據筆者等試驗發現，如不防治葉蟎，草莓產量之損失可達13%（作者未發表資料），而據美國加州之試驗，如葉蟎發生在草莓生育初期，可造成 10%之減產[19]。由於葉蟎生活史短，繁殖力強大[1]，且對防治之藥劑易生抗藥性[5,13]，因而導致藥劑施用頻度及濃度之增加，隨之殘毒問題因而產生。近三十年來歐美諸國在草莓結果期間，已逐漸採行生物防治法壓抑害蟎之增殖危害，早在 1951 年就有人主張以生物防治法控制草莓細蟎（*Steneotarsonemus pallidus* Banks）[8]，隨後即試驗以天敵防治草莓細蟎，獲致滿意之結果[7]；然後又利用智利捕植蟎（*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot）防治草莓之二點葉蟎（*Tetranychus urticae*（Koch)），成效卓著[14,15]；隨之更進一步釋放捕植蟎配合藥劑和耕作

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1189 號。本研究承行政院國科會〔67B-0409-08(07)，69B-0409-08(2)70-0409-B055-02及71-0409-B055-01〕補助，謹致謝忱。

2. 本所研究員兼應用動物系主任、研究助理及助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

方法改良及田間原有之天敵等綜合防治草莓之二點葉蟎，結果草莓產量顯著提高達 18.1%[17]；英國亦利用捕植蟎防治草莓葉蟎及細蟎，效果亦佳[20,21]；美國加州更釋放智利捕植蟎，加州捕植蟎(*Amblyseius californicus* (McGregor))及西方捕植蟎（*Typhlodromus occidentalis*(Nesbitt)），比較三者對草莓之二點葉蟎防治能力，結果不論葉蟎密度及草莓產量上均顯著優於對照組，但在三種捕植蟎中，仍以智利捕植蟎之表現最優[16]。

長毛捕植蟎（*Amblyseius longispinosus* (Evans)）為本省捕植蟎類中最具潛力之葉蟎天敵，除本省外亦分布於中國大陸、菲律賓、泰國、印尼、琉球、日本、澳洲及南美。其在臺灣常出現於豆類、瓜類、桑樹及花卉等作物上，偶亦出現於水稻、柑桔、梨、蘋果及草莓上[2,3,11]。長毛捕植蟎性較溫馴，適應環境能力强，故易於在室內作人工大量繁殖。

據筆者等在20、25、30 及 35°C下，比較長毛捕植蟎與二點葉蟎之自然內在增殖率 rm 之值，前者分別為0.157，0.229，0.320及0.452；後者則分別為0.117，0.226，0.400及0.327，除在 30°C 時二點葉蟎之 rm 值較高外，餘均以長毛捕植蟎者較高[1,3]。在本省草莓生產季節，氣溫均不致超過30°C，就理論言長毛捕植蟎應有能力抑制二點葉蟎之猖獗發生。日本學者Mori氏曾於室內固定面積之紙板及葉片上給以不同數量之二點葉蟎，觀察長毛捕植蟎在 8 小時中之捕食量，結果發現二點葉蟎之數量（或密度）愈高，長毛捕植蟎之捕食量有趨於低減之勢[11]；Mori 與 Chant 又以智利捕植蟎對二點葉蟎之試驗也有相似的現象，均認為食餌蟎（二點葉蟎）密度愈高，可增加其對捕植蟎捕食行為的干擾作用，常使捕植蟎放棄部份捕食機會所致[12]。為害本省草莓之葉蟎主要者為二點葉蟎及神澤葉蟎（*Tetranychus kanzawai* Kishida）。為澈底明瞭長毛捕植蟎對此二種葉蟎之捕食能力，捕食之喜好性，長毛捕植蟎之大量繁殖法，冷凍貯藏法，遷移速度，以及實際田間釋放之防治葉蟎效果，進行一系列之研究，所獲資料及成果，藉供將來進一步研究及推廣應用之依據。

材料和方法

一、長毛捕植蟎大量繁殖法：

先於溫室內以沙盆（80×50cm）種植大豆（十石），待豆株眞葉（Primary leaves）全部展開，將整株拔出插植於盛清水之啤酒罐（鋁質）內，每罐10株，然後接以神澤葉蟎（*T. kanzawai*），於光周期 14L-10D及25±1°C之室內飼育繁殖，待大豆葉片枯萎再換以新鮮豆株，經此法繁殖之神澤葉蟎，連同大豆植株供飼育長毛捕植蟎（*A. longispinosus*）於養蟲室內，植株仍插植於盛清水之啤酒罐內，每罐插植15株，然後將長毛捕植蟎接上去，任其在豆株上繁衍，如豆株枯萎，再換以較新鮮且含葉蟎之豆株，如此一再換新，於光周期 14L-10D及28°C 之環境下繁殖長毛捕植蟎，供室內進一步試驗及大量繁殖之基礎材料。進一步大量繁殖則於溫室內盆栽大豆上進行，秋季溫度 30±2°C，冬季為20±1°C，每盆種植大豆 5 株，待大豆發芽後 2 星期，先接以神澤葉蟎，經 7 ～10 天後，按葉蟎與捕植蟎40：1之比將長毛捕植蟎接在豆株上，經15天至 1 個月繁殖，數量可達高峰，即可收取供田間釋放之用。

二、長毛捕植蟎之收取冷藏及釋放法：

捕植蟎經過15天至 1 個月之繁殖後，豆株上葉蟎已甚稀少，而長毛捕植蟎數極多，此時即將大豆葉片摘下，在立體顯微鏡下測檢隨機取樣葉片上之長毛捕植蟎數，經數十次測檢，採取其平均數量，以此為據，估計每葉片上長毛捕植蟎數，定數之長毛捕植蟎連同葉片放入單光紙製成之袋（8×6×2.5cm）內，並塡入細條紙片，供作捕植蟎分散棲息之所，封妥後放入5°C 之定溫箱內，使其停止活動，按實際需要可經12小時乃至十數日冷藏，至需要時取出携往草莓園釋放。釋放時將紙袋撕裂，連同袋內之碎紙片將長毛捕植蟎均勻接在田間草莓植株上。

三、長毛捕植蟎遷移能力之測定：

以16cm口徑之植缽種植草莓（Aliso 品種），以80盆為單位，排成半圓形，半徑長為120cm，在

溫室內進行，試驗前先施以Malathion 50%E. C. 1,000倍液，防除草莓植株上之害蟲及天敵，經一星期後，每株草莓接以雌性神澤葉蟎20及50隻，7日後，於半圓直徑之中央草莓植株上接以雌性長毛捕植蟎分別為100，200，250及500頭，隔日取樣調查各排草莓（30，60，90及120cm）上長毛捕植蟎之分布及神澤葉蟎之密度變化，取樣時每層各盆草莓採一中齡葉片，在立體顯微鏡下檢查，各處理均為3重複。藉以明瞭長毛捕植蟎之遷移速度和距離，在不同密度之長毛捕植蟎和神澤葉蟎情況下，對其遷移之影響。

四、不同食餌蟎對長毛捕植蟎之生育及捕食量之影響：

以神澤葉蟎及二點葉蟎供作長毛捕植蟎之食餌蟎，新鮮潔淨之大豆真葉，自葉柄剪下，置於直徑9cm之培養皿中，葉背（多毛面）朝上，葉下墊以棉花，並加足量之清水，以防捕植蟎及其食餌蟎逃失，以細毛筆沾水後將食餌蟎之前若蟎（Protonymph）接於葉上，長毛捕植蟎在發育期每日接20隻，至產卵期則接60隻，然後接入1長毛捕植蟎之卵粒，卵孵化後每日觀察3次，發育至成蟎後，雌雄配對，由於長毛捕植蟎具多次交尾習性，雌蟎若不經交尾，即不產卵，經一次交尾後，可產卵一段時期後，隨即停止，若再經交尾，又可恢復產卵[3]，而產卵與否及產卵多寡，又和捕食量密切相關，故在成蟎期均以一對長毛捕植蟎同時飼養，於14L-10D之光周期及20±1°C之飼育箱內飼養，成期每日觀察一次，記錄發育期，產卵量、產卵期及捕食量，並添加食餌蟎，至死亡為止。

五、長毛捕植蟎對不同葉蟎及在不同密度下捕食能力之比較：

分別以25cm^2 之厚紙板漆成黑色和16cm^{3}之大豆（十石）葉片，下均墊以相同大小之海綿，四周圍以消毒棉，放入盛水之培養皿中，分別接以神澤葉蟎及二點葉蟎之前若蟎個體，數量分別為2，5，10，20，40，80，160及320 隻（紙板內增一640隻之處理），然後分別接入一隻3日齡且經交尾之雌性長毛捕植蟎，每處理重複10次以上，經8小時調查其捕食量，此二試驗均在有光照及 28°C 下進行者。

六、利用長毛捕植蟎防治草莓葉蟎之田間試驗：

分別於臺中縣霧峰鄉本所農場及苗栗縣大湖鄉進行，於臺中本所試驗之對象為神澤葉蟎，試驗面積為1,000M^2（即1分地），分別釋放長毛捕植蟎20隻／株，10隻／株，5隻／株，2隻／株及0隻／株（不釋放天敵之對照）等5處理，每處理4重複，按逢機完全區集排列，每小區間隔以塑膠布，並以竹桿支撐，高40cm，以防長毛捕植蟎藉風遷移，每7天以Malathion 50% E. C. 800倍液噴施畦溝，以防長毛捕植蟎在各小區間爬行傳佈，於民國70年2月19日釋放長毛捕植蟎1次，釋放當日及釋放後第7，14，21，28及35天調查各處理及小區中草莓葉片上神澤葉蟎及長毛捕植蟎數，每小區隨機採取草莓複葉20枚，4重複共80枚複葉，携回至實驗室於雙管立體放大鏡下檢視葉蟎及捕植蟎之各期數量，並以 Abbott's Formula計算防治率。

另於苗栗縣大湖鄉二處草莓園進行對二點葉蟎生物防治試驗，其中一草莓園面積為 0.7分地，發生高密度之二點葉蟎為害，釋放長毛捕植蟎前當日，二點葉蟎密度平均為 312隻／複葉；另一草莓園之面積為0.8分地，發生低密度之二點葉蟎，開始試驗時之密度為 13隻／複葉，於70年2月17日同時全面釋放長毛捕植蟎，釋放數量為10隻／株，而在高密度二點葉蟎區，又於2月24日及3月3日再加強釋放長毛捕植蟎兩次，釋放數量同前，第一次釋放天敵當日及釋放後第7，14，21，28及35天調查二點葉蟎各期數量，二草莓園各分為處理區及不處理之對照區，各區再劃分為4小區以為重複。每次各小區隨機採取草莓複葉20（高密度二點葉蟎區）或40（低密度二點葉蟎區）枚，携回在雙管立體放大鏡下檢視葉蟎及捕植蟎數量。

結果與討論

一、長毛捕植蟎大量繁殖法：

於光周期 14L-10D 及25±1°C之養蟲室內，每10株大豆接以1,000頭二點葉蟎或神澤葉蟎，經10

天後，葉蟎已密集分布，並且豆株趨於萎凋，此期葉蟎約可增加10倍，即每株大豆上含有葉蟎之各期個體約有1,000頭（表1），10株大豆則約含 10,000個，表1內兩種葉蟎繁殖之總數差異不大，然而各蟲期之個體數則有顯著差異，推測此種差異產生之原因可能是受先前接上葉蟎各蟲期個體之比率原有不同，故影響到子代各期之比例。根據筆者等觀察在 25°C 之下，二點葉蟎棲羣加倍所需之時間爲3.07天[1]，則據此亦可支持在10天之內葉蟎棲羣可增加至 10 倍左右。

表 1. 葉蟎接於大豆上經10天繁殖數量

Table 1. The number of spider mites reproduced on soybean plants after 10 days of inoculation (25±1°C, 14L-10D)

蟲期 Stage	神澤葉蟎 *T. kanzawai*	二點葉蟎 *T. urticae*	平均 Average
成蟎（Adult）	162.9	135.9	149.4
幼若蟎（Larva and nymph）	99.9	432.9	266.4
卵（Egg）	665.3	441.2	553.3
合計（Total）	928.1	1,010.0	969.1

註：以上數據爲僅含兩片眞葉之大豆植株各5重複之平均值。以上數據爲每10豆株接以1,000隻葉蟎之結果。

而長毛捕植蟎之大量繁殖，即利用室內繁殖之長毛捕植蟎爲基礎材料，並在溫室內盆栽大豆上經10天所繁殖之神澤葉蟎爲食餌，將長毛捕植蟎接入，經15天至1個月之繁殖，長毛捕植蟎繁殖之數可達高峰，此期每一大豆複葉上計有長毛捕植蟎12至296隻，平均爲 87.7隻，此期每株大豆平均有5片複葉，則每株大豆應含 400 隻，夏季高溫，捕植蟎發育快速，故繁殖期僅需15日即達高峰，然冬季溫度低，繁殖時期要延至1個月左右。筆者等曾觀察長毛捕植蟎在30°及20°C 時，其棲羣加倍所需時間分別爲2.2日及4.4日[3]。通常在30°C 時，每株大豆接以5隻雌性長毛捕植蟎，在食餌（神澤葉蟎）充分供應下，約需14天每株即可增殖至400隻；而在 20°C 時，則需經27天才可增殖至400隻左右。故此繁殖試驗之結果，與筆者等對長毛捕植蟎在各定溫下之增殖數據大致相互吻合[3]。

二、長毛捕植蟎之冷藏：

長毛捕植蟎之收取和釋放並不困難，但爲了減少其失蹤率，且在產量過剩情況下，有賴冷藏之過程，冷藏可減低其活力，減少其捕食量，降低其能量消耗。但在冷藏過程中，由於溫度之驟降，濕度亦相應發生變化（50～83% RH），故並非爲長毛捕植蟎之生育適宜環境[3]，在 5°C 之定溫箱內，將盛裝長毛捕植蟎之紙袋再放入塑膠袋內，封密使濕度維持穩定在85—95%RH 之間，在此情況下，袋內溫度可上升至 9°C。經5，6，7，8，9，11，12及15天冷藏，其存活率分別爲85.0，90.8，79.0，79.9，86.4，86.7，77.2及65.4%，即長毛捕植蟎在經11天冷藏後，對其存活並未產生明顯不利之影響；而經15天之冷藏，其存活率仍達65.4%。

三、長毛捕植蟎遷移能力之測定：

共進行兩次測定試驗，第一次於70年10月間在神澤葉蟎平均密度爲55隻／葉下，分別釋放 200及100隻長毛捕植蟎之成蟎，每日調查獲知長毛捕植蟎遷移120cm所需日數均爲4天，但經 10日之分布均勻度，在釋放200隻長毛捕植蟎處理中達85%，而在釋放100隻長毛捕植蟎處理中則爲55%；第二次測試於70年12月間在神澤葉蟎平均密度爲127隻／葉下，分別釋放 500及250隻長毛捕植蟎之成蟎，調查獲知長毛捕植蟎遷移120cm所需日數爲6及12天，經13日之分布均勻度分別爲52%及27%。由上述

之結果似對長毛捕植蟎遷移有下列三因子之影響：（1）氣溫可直接影響捕植蟎之遷移速度；（2）葉蟎密度之高低可間接影響長毛捕植蟎之遷移速度及分布均勻度，葉蟎密度高，捕植蟎食餌豐富，不若在葉蟎密度低時，需要尋覓食餌，故遷移速度較緩慢，分布均勻度亦較低；（3）長毛捕植蟎釋放密度亦可影響其遷移速度及分布均勻度，釋放密度高，需要食餌量大，由於相互競爭之結果，促使遷移速度加快，且分布均勻度隨之提高，反之長毛捕植蟎釋放密度低，食餌消耗量相對減低，相互競爭之壓力較小，故遷移速度較緩慢，分布均勻度亦較低。

四、不同食餌蟎對長毛捕植蟎之生育及捕食量之影響：

不論神澤葉蟎及二點葉蟎之若蟎期個體，供作食餌，對長毛捕植蟎之若蟎期發育均具相同之正面影響（幼蟎期不捕食，前若蟎期起才開始捕食），捕植蟎完成發育平均需要捕食神澤葉蟎或二點葉蟎若蟎分別爲8.24或8.19隻，完成發育平均需時分別爲5.05或5.19天（表2），其間並無顯著差異之處。筆者等曾以二點葉蟎卵飼育長毛捕植蟎，在30°C下完成發育需時5.02天，消耗卵粒 7.52枚[3]，此二結果相較均相吻合。長毛捕植蟎發育至成蟎後，雌雄配對，繼續分別飼以神澤葉蟎或二點葉蟎之若蟎，一對捕植蟎一生平均捕食神澤葉蟎869.32隻，捕食二點葉蟎524.85隻，捕食神澤葉蟎者每雌平均產卵61.2枚，捕食二點葉蟎者每雌平均產卵52.5枚（表3），顯然在成期長毛捕植蟎對二葉蟎之捕食量及產卵量有顯著之差異。此結果顯示神澤葉蟎較二點葉蟎更適合作爲長毛捕植蟎之食餌，特別在捕食量上可看出，長毛捕植蟎捕食神澤葉蟎量較二點葉蟎高出42%；而捕食神澤葉蟎之產卵量較捕食二點葉蟎高出14%。此結果與 Ragusa 之試驗報告極爲相近[18]，即神澤葉蟎和二點葉蟎均適於供作長毛捕植蟎之若蟎期發育所需之食餌，但對長毛捕植蟎產卵期所需之食餌，則以神澤葉蟎較佳。

表 2. 長毛捕植蟎捕食神澤葉蟎及二點葉蟎之發育期及捕食量（28±1°C, 60—70%RH）

Table 2. Developmental periods and prey consumption of *A. longispinosus* on nymphs of *T. kanzawai* and *T. urticae* at 28±1°C and 60—70%RH.

Stage	Developmental period				Prey consumption			
	No. mites	*T. kanzawai*	No. mites	*T. urticae*	No. mites	*T. kanzawai*	No. mites	*T. urticae*
Egg	25	2.17	26	2.17	25	—	26	—
Larval	25	0.58±0.19	26	0.64±0.23	25	—	26	—
Protonymphal	25	1.20±0.29	26	0.96±0.28	25	3.56±1.50	26	2.73±1.37
Deutonymphal	25	1.10±0.29	26	1.42±0.23	25	4.68±1.64	26	5.30±1.89
Total	25	5.05±0.22	26	5.19±0.22	25	8.24±2.05	26	8.19±2.43

表 3. 長毛捕植蟎捕食神澤葉蟎及二點葉蟎之捕食量及產卵量（28±1°C, 60—70RH).

Table 3. Prey consumptions and ovipositions of *A. longispinosus* on the nymphs of *T. kanzawai* and *T. urticae* at 28±1°C and 60—70% RH.

Stage	Prey consumption (♀+♂)				Oviposition (egg/♀)			
	No. mites	*T. kanzawai*	No. mites	*T. urticae*	No. mites	*T. kanzawai*	No. mites	*T. urticae*
Preoviposition	25	5.52±1.71	26	4.85±1.49	25	—	26	—
Oviposition	5	782.20±109.49	4	470.00±98.10	5	61.20±14.44	4	52.50±5.19
Postoviposition	5	81.60±64.29	4	50.00±29.94	5	—	4	—
Total		869.32±93.50		524.85±114.62		61.20±14.44		52.50±5.19

五、長毛捕植蟎對不同葉蟎及在不同密度下捕食能力比較：

在一定面積範圍內供給不同密度之神澤葉蟎及二點葉蟎之若蟎，經 8 小時，測定一長毛捕植蟎之捕食量，結果列於圖 1 和圖 2，長毛捕植蟎在 25cm^2 之厚紙板上對二點葉蟎之捕食是在160隻之密度時達最高量，二點葉蟎密度高於 160隻／25cm^2 時，捕食量反有下降趨勢，長毛捕植蟎捕食功能反應曲線在食餌蟎密度增高之初期急速上升，但當二點葉蟎密度不斷增大時，此曲線上升漸趨緩和，至二點葉蟎密度增至160隻／25cm^{2}以上時，此曲線不再上升，趨於平行線；另在16cm^{2}大豆葉片上，長毛捕植蟎捕食二點葉蟎是在80隻／16cm^2 之密度下達到捕食量的高峰，食餌蟎密度繼續增加，其捕食量並無顯著之增高，此一捕食功能之反應與 Holling (1961)[6], Mari 和 Chant (1966)[6] 及 Mori (1967)[11] 等所發表之圓頂曲線 (domed curve) 極爲類似，此種現象在動物捕食型態上是不常見的，即如果利用捕植蟎供作生物防治時，圓頂曲線顯示食餌蟎棲羣超過某一密度，捕食功能反有下降趨勢，他們認爲此一現象是由於在高密度食餌蟎情況下，捕植蟎之捕食常受攪擾，因而常使捕食行爲中止或放棄；Mori認爲食餌蟎高密度之集結，常限制了捕植蟎捕食能力，增加了無效捕食之行爲[11]。然而反觀長毛捕植蟎對神澤葉蟎，不論在25cm^{2}之厚紙板上或16cm^2 之大豆葉片上，捕食量均較對二點葉蟎者爲高，即神澤葉蟎之密度上升至 160隻時，長毛捕植蟎對其捕食量亦快速上升，神澤葉蟎密度如再上升，捕植蟎捕食量仍繼續上升，但上升逐漸緩慢下來。基於以上長毛捕植蟎對兩種葉蟎功能反應之差異，爲何長毛捕植蟎面對高密度之食餌蟎時，二點葉蟎對長毛捕植蟎會引起較大的負面影響，而神澤葉蟎對此天敵卻表現出較大彈性之特性，故筆者認爲這是長毛捕植蟎對兩種葉蟎偏好性程度差異之表現。

此外，圖 1 和圖 2 可明顯發現在兩種不同飼育條件下，長毛捕植蟎在葉片上可較在厚紙板上捕食更多葉蟎，此一結果卻與Mori者[11] 不相符合，即長毛捕植蟎在大豆葉片上當神澤葉蟎之密度增高至160隻／16cm^{2}時，捕食量才上升至高峰 (27.6隻)，而二點葉蟎密度增至80隻／16cm^{2}時，即達捕食量之高峰 (11.0隻)，達此高峰之後，雖食餌蟎密度繼續增高，長毛捕植蟎之捕食量仍維持在相同之水平上。此外，Mori氏在厚紙板上測得長毛捕植蟎之捕食量較在大豆葉片上捕食更多之葉蟎[11]，此結果又與本試驗所獲之結果互異，此種試驗結果不相符合之原因可能受試驗當時氣候條件，捕植蟎品系及其日齡或葉蟎種類及其齡期之影響所致。

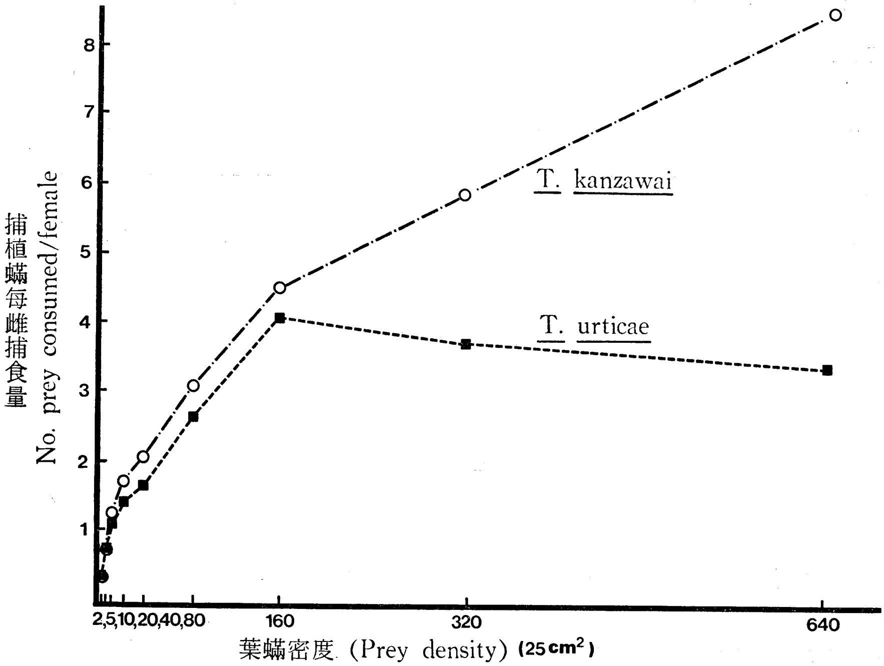


圖 1. 長毛捕蟎在紙板上8小時內對兩種葉蟎之捕食量

Fig. 1. The feeding amount of *A. longispinosus* to two spider mites within 8 hours (nymphs on paper).

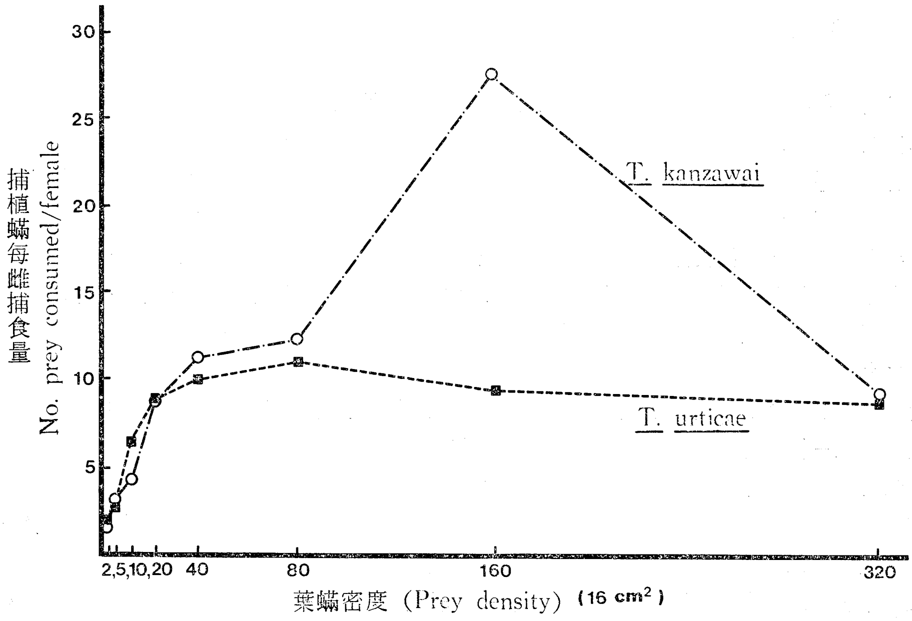


圖 2. 長毛捕植蟎在大豆葉片上8小時內對兩種葉蟎之捕食量

Fig. 2. The feeding amount of *A. longispinosus* to two spider mites within 8 hours (nymphs on leaf).

六、長毛捕植蟎田間防治草莓葉蟎試驗

（一）對神澤葉蟎之防治效果：防治之效果列於表4，顯然長毛捕植蟎對神澤葉蟎具有極優之防治效果，於草莓上神澤葉蟎密度約在200隻／複葉下，每株接以5隻長毛捕植蟎，經5星期即有近 80%之防治效果；而每株接以20及10隻天敵之效果均最佳，經5星期防治效果可高達 98%，而其中又以接20隻／株之處理，初效最優，未接天敵之對照組，雖有塑膠布及定期施藥之阻隔，以預防天敵之遷入，但逐漸仍有天敵之侵入，因而使對照組之葉蟎密度至第 4 周後亦有逐漸下降趨勢。天敵遷入對照區似由風之助力達成。此種生物防治效果之表現與一般藥劑防治效果表現廻異，一般藥劑防治初效表現良好，然後隨時日之延長，藥效表現逐漸衰退；生物防治效果表現則相反，雖然達到有效防治之時日要延緩些，但具有較長期之防治效果。

（二）對二點葉蟎之防治效果：分別於苗栗大湖一處發生高密度二點葉蟎之草莓園（約7厘地），及另一處發生低密度二點葉蟎之草莓園（約8厘地）同時舉行，於70年2月17日同時釋放長毛捕植蟎10隻／株，高葉蟎密度處理區於2月24日及3月3日再加强釋放捕植蟎兩次，結果列於圖3，由結果明顯可見長毛捕植蟎僅能在二點葉蟎低密度即13隻／複葉下，方能發揮抑制功能，但僅能維持半月左右，然後仍需加强釋放長毛捕植蟎；但在高密度二點葉蟎即 312 隻／複葉下，雖經三次連續釋放長毛捕植蟎，仍未能壓抑其棲羣密度之繼續上升。

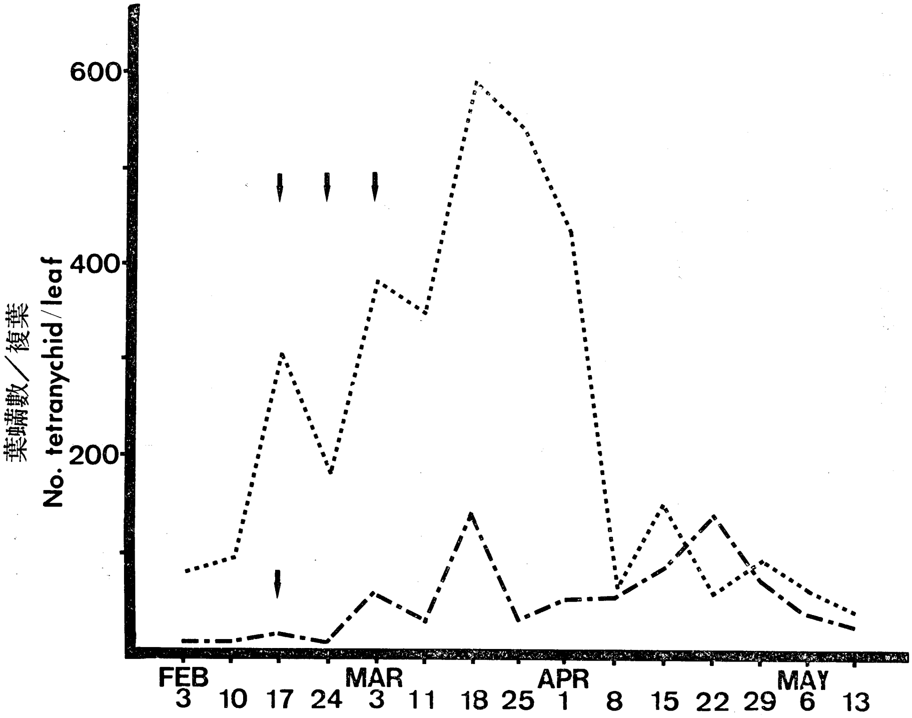


圖 3．釋放長毛捕植蟎防治草莓二點葉蟎之結果

Fig. 3. Release *Amblyseius longispinosus* to control *T. urticae* on strawberry

表 4. 釋放長毛捕植蟎防治草莓上神澤葉蟎效果比較（70年2月19日釋放一次）

Table 4. Biological control of *T. kanzawai* by releasing different densities of *A. longispinosus* on strawberry (Feb. 19 to Mar. 26, 1981)

Treatment (No. p. m. relased per plant)	No. s. m. per leaf before treatment	7 days after treatment			14 days after treatment			21 days after treatment			28 days after treatment			35 days after treatment		
		No. mite/leaf		% of control	No. mite/leaf		% of control	No. mite/leaf		% of control	No. mite/leaf		% of control	No. mite/leaf		% fo control
		s. m.	p. m.		s. m.	p. m.		s. m.	p. m.		s. rr.	p. m.		s. m.	p. m.	
20	205.5	145.0	1.14	55.7a	85.7	1.12	62.5a	57.8	7.20	75.9a	24.4	4.43	84.9a	1.3	1.21	98.2a
10	179.9	200.5	1.18	30.1b	116.1	1.08	42.5b	86.0	6.58	59.0b	21.9	3.83	84.5a	1.2	1.12	98.1a
5	218.3	144.8	0.19	58.4a	135.4	0.63	44.3b	107.1	2.34	57.9b	41.0	3.50	76.1b	16.3	2.33	79.2b
2	196.1	204.5	0.65	34.6b	138.6	0.39	36.5b	179.2	2.25	21.6c	90.7	3.62	41.2c	28.8	3.71	59.1c
0 (Check)	185.3	295.3	0		206.3	0.05		216.1	0.09		145.7	0.14		66.6	0.58	

s. m.=Spider mite (*T. kanzawai*)

p. m.=Predatory mite (*A. longispinosus*)

由上述長毛捕植蟎分別對神澤葉蟎及二點葉蟎所得之結果，恰與第四和第五項結果有相互映證吻合之妙，由於本省目前草莓葉蟎，已由二點葉蟎完全取代神澤葉蟎之强勢地位，故本省產的長毛捕植蟎已無法壓抑此種外侵的害蟎（二點葉蟎），故已自國外引進了有效捕植蟎，正進行大量繁殖及田間釋放試驗中，結果將於近期發表。

參考文獻

1. 何琦琛、羅幹成 1979，溫度對二點葉蟎（*Tetranychus urticae*）生活史及繁殖力之影響，中華農業研究 28（4）：261—271。
2. 羅幹成 1978，臺灣葉蟎類及防治方法對其天敵之影響。「昆蟲生態與防治」研討會講稿：203—215 中研院動物研究所舉辦。
3. 羅幹成、何琦琛 1979，溫度對長毛捕植蟎（*Amblyseius longispinosus*）生活史，繁殖力及捕食能力之影響，中華農業研究 28（4）：237—250。
4. 羅幹成、何琦琛、曾信光1984，草莓葉蟎之生態研究，中華農業研究 33（3）：337—344。
5. 羅幹成、趙若素1976，臺灣紅蟎抗藥性之初步研究，中華農業研究 25（1）：23—36。
6. Holling, C. S. 1961. Principles of insect predation. Ann. Rev. Entomol. 6 : 163-182.
7. Huffaker, C. B. and C. E. Kennett 1956. Experimental studies on predation : Predation and cyclamen mite populations on strawberries in California. Hilgardia 26(4) : 191-222.
8. Huffaker, C. B. and C. H. Spitzer, Jr. 1951. Data on the natural control of the cyclamen mite on strawberries. J. Econ. Entomol. 44 : 519-522.
9. Huffaker, C. B., M. van de Vrie, and J. A. McMurtry, 1970. Ecology of tetranychid mites and their natural enemies : A review II. Tetranychid populations and their possible control by predators. An evaluation. Hilgardia 40(11) : 391-458.
10. Lo, P. K. C. 1970. Phytoseiid mites from Taiwan (I). Bull. Sun Yat-sen Cult. Found. No. 5 : 47-62.
11. Mori, H. 1967. The influence of prey density on the predation of *Amblyseius longispinosus* (Evans). Proc. 2nd Intern. Congress Acarol. 149-153.
12. Mori, H. and D. A. Chant, 1966. The influence of prey density, relative humidity, and starvation on the predacious behavior of *Phytoseiulus persimilis* Anthias-Henriot (Acarina : Phytoseiidae). Can. J. Zool. 44 : 483-491.
13. Nomura, K. 1973. Review of acaricide resistance in red spider mites in Japan. Rev. Plant Protec. Res. 6 : 44—58.
14. Oatman, E. R., F. E. Gilstrap and V. Voth. 1976. Effect of different release rates of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina : Phytoseiidae) on the two-spotted spider mite on strawberry in Southern California. Entomophaga 21(3) : 269-273.
15. Oatman. E. R., J. A. McMurtry, 1966. Biological control of the two-spotted spider mite on strawberry in Southern California. J. Econ. Entomol. 59(2) : 422-439.
16. Oatman, E. R., J. A. McMurtry, F. E. Gilstrap and V. Voth. 1977. Effect release of *Amblyseius californicus*, *Phytoseiulus persimilis* and *Typhlodromus occidentalis* on the two-spotted spider mite on strawberry in Southern California. J. Econ. Entomol., 70(1) : 45-47.
17. Oatman, E. R., J. A. McMurtry, H. H. Shorey and V. Voth. 1967. Studies on integrating *Phytoseiulus persimilis* release, chemical applications, cultural manipulations and natural predation for control the two-spotted spider mite on strawberry in Southern California. J. Econ. Entomol. 60(5) : 1344-1351.
18. Ragusa, S. 1979. Laboratory studies on the food habit of the predacious mite, *Typhlodromus exhilaratus*. Recent Adv. Acarology 1 : 485-490.

19. Sances, F. V., N. C. Toscano, E. R. Oatman, L. F. Lapro, M. W. Johnson and V. Voth 1982. Reductions in plant processes by *Tetranychus urticae* (Acarina : Tetranychidae) feeding on strawberry. Environ. Entomol. 11(3) : 733-737.

20. Simmonds, S. P. 1970. The possible control of *Steneotarsonemus pallidus* in strawberries by *Phytoseiulus persimilis*. Pl. Path. 19 : 106-107.

21. Simmonds, S. P. 1971. Observations on the possible control of *Tetranychus urticae* on strawberries by *Phytoseiulus persimilis*. Pl. Path. 20 : 117-119.

Biological Control of Spider Mites on Strawberry in Taiwan (I)[1]

Kang-chen Lo, Hsin-kuan Tseng and Chyi-chen Ho[2]

Summary

The present study consists of the following six experiments, i. e. Developing the methods for mass production of spider mites (as preys) and the predator, *Amblyseius longispinosus* (Evans) ; maintenance of the predator ; evaluating the dispersal ability of the predator ; prey consumptions of predator and oviposition on the different prey species ; the efficiency of predator at different prey densities in a confined system ; and release of *A. longispinosus* for the control of the kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida and two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Koch).

Spider mites were transfered to the soybean plants, under 25±1°C and 14L-10D conditions, 10 times of the number of original spider mites would be obtained in 10 days later, no significant difference in number of progeny between kanzawa spider mite and two-spotted spider mite would be found. Under the temperature of 32±2°C and 20±1°C, predatory mites were transfered under the density of 5/plant to the soybean plants which have been infested by the kanzawa spider mite, could be obtained 400/plant in 14 and 27 days later, respectively.

In the conditions of 5°C and 85—95% RH, the predator could be stored for at least 11 days and no significant harmfulness was found, after 15 days storage, the percentage of mortality was 35%.

The dispersal ability were influenced directly by the temperatures and indirectly by

1. Contribution No. 1189 from the Taiwan Agricultural Reseach Institute. This project was granted by NSC research grants : 67B-0409-08(07), 69B-0409-08(02), 70-0409-B055-02 and 71-0409-B055-01.

2. Senior Entomologist and Head, project Employee and Entomologist, respectively of the Department of Applied Zoology, TARI, Wu-feng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.

prey densities. Higher temperature usually induced the higher dispersal activity. The predator and prey densities exerted influence on the dispersal ability of the predator. Normally, the higher prey density will cause the lower dispersal ability of the predator, but the higher predator density induced higher dispersal activity.

Nymphs and eggs of kanzawa and two-spotted spider mites are good for the development of postembryonic stages of the predator, but the effect on oviposition rate, kanzawa spider mite appeared to be favorable food for adult predators. The average consumption of one pair predators on kanzawa spider mite or two-spotted spider mite during the whole adult stage were 869 and 525, respectively. The mean eggs laid per female predator fed with kanzawa spider mite, or two-spotted spider mite were 61.2 and 52.5, respectively.

The consumption of nymphs of kanzawa spider mite per predator rose with high prey densities, but of two-spotted spider mite per predator rose at beginning with relatively low prey densities, and then significantly decreased at higher prey densities. The above results may be concluded from the prey preference.

Biological control of the kanzawa spider mite on strawberry was investigated at Taichung during 1981. Mass releases of *A. longispinosus* were made at the equivalent rate of 2/plant, 5/plant, 10/plant, and 20/plant and control with 5 plots and 4 replications. The mean numbers of spider mites in the different rate release plots were significantly different from the contol from Feb. 26 through Mar. 26, the high-rate release plots (20/plant and 10/plant) were also significantly different from the low-rate release plots (5/plant and 2/plant). The predator populations reached a peak of 7.2 and 6.6/leaf in the 20/plant and 10/plant release plots on Mar. 12, respectively. The populations of predator reached a peak of 3.5/leaf in the 5/plant release plot on Mar. 9, and 3.7/leaf in the 2/plant release plot on Mar. 26.

Biological control of the two-spotted spider mite on strawberry was investigated in Miouli during 1981. Mass releases of *A. longispinosus* were made at the rate of 10/plant. It gave poor control results, only on the field with low prey density (13/leaf) the predator could suppress the growth of prey population within 2 weeks.

Jour. Agric. Res. China (中華農業研究) 33(4) : 418~423 (1984)

The Thiazoles, A New Class of Insecticide for the Control of Resistant Diamondback Moths[1,2]

Edward Y. Cheng, Ching-hua Kao and Tou-mei Chou[3]

Abstract : A recently introduced experimental insecticide - SN72129, belongs to a new class of chemical with insecticidal action, was tested against both the laboratory-bred and field collected resistant diamondback moths in this study. The result showed that the effectiveness of this new chemical is universal to all tested diamondback moths in spite of their already presented resistance to other insecticides. The information indicates that SN72129 bears a different mode of action and thus suffers no cross effect from all existing insecticide resistances.

Introduction

The most difficult aspect in the chemical control of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), is the insect usually develops resistance to a significant level rapidly and makes the continuing use of the same chemical becomes uneconomical (2,3,5). After twenty years of chemical control, the diamondback moth has become resistant to most insecticides in Taiwan (1,4,6,8,9). A new insecticide which could deprive all existing resistance problems in diamondback moth is definitely needed if the chemical control is still the only way to control this pest in the near future. Recently, an experimental insecticide SN72129, belongs to the thiazoles (10), has been tested against the resistant diamondback moth in our laboratory. Many aspects on the insecticidal action of SN72129 were rather unique and this compound also demonstrated its ability to counterattack the current resistance problems. This report will emphasize the examined characters of this new chemical in dealing with resistant strains of diamondback moth from the known origins.

---

1. Contribution No. 1190 from Taiwan Agricultural Research Institute. The study is supported by NSC grant 73-0409-B055-05.

2. Thank due to Schering Company for supplying the testing chemicals.

3. Senior entomologist, research assistant and project assistant respectively, Department of Applied Zoology, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan 431, Republic of China.

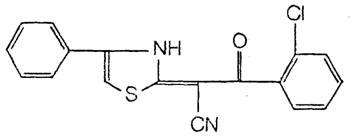
Materials and methods

A. The chemical-SN72129* and its properties [10] :

Chemical names :

IUPAC :	3-(2-chlorophenyl)-3-oxo-2(4-phenyl-2, 3-dihydrothiazole-2-ylidene)-propiononitrile
Chemical abstracts (9th Cl) :	2-chloro-B-oxo-(4-phenyl-2(3H)-thiazolylidene)-benzene propanenitrile

Structural formula :



Empirical formula :	$C_{18}H_{11}ClN_2OS$	
Molecular weight :	338.84	
Melting point :	182-183°C	
Appearance :	Buff coloured powder	
Odour :	Faint	
Solubility :	n-hexane	approx. 160mg/100ml
	toluene	approx. 410mg/100ml
	dichloromethane	approx. 3.6g/100ml
	acetone	approx. 1.5g/100ml
	ethyl acetate	approx. 630mg/100ml
	isopropanol	approx. 190mg/100ml
	methanol	approx. 420mg/100ml
	water	approx. 1mg/100ml
Vapour pressure :	$P_{25} < 10^{-10}$Torr	

*SN72129 is formulated as 50% w/w wettable powder and supplied by Schering company.

B. Insect materials :

Total of seven field and five laboratory-bred strains of resistant diamondback moths have been tested against two susceptible strains and the descriptions for them are :

(1) Field strains : Collected from Chia-li, Feng-shan, Hua-lien, Lu-chu, Ma-tou, Ping-tung and Ta-hu in 1984.

(2) Laboratory-bred resistant strains : They were bred from the parental susceptible I-lan ('80) strain. Their final characters of resistance to particular insecticide used for the selection were listed in Table 1.

(3) Two susceptible strains : The I-lan ('80) and ('83) strains.

C. Testing methods :

The testing method is similar to the usual spraying method adapted in this laboratory [5]. Various concentrations of formulated insecticides were diluted in distilled water and sprayed through a Potter spray tower. Seven concentrations of each insecticide within the range of LC_{10} and LC_{95} were selected for testing. Usually forty to sixty 3rd instar DBM larvae in three replicates were tested for each concentration. The dosage-

Table 1. The resistance ratios of five laboratory-bred resistant diamondback moths strains to their correspondent selecting insecticides.

Strains*	Resistance ratio
Carbofuran-resistant	20.0
Fenvalerate-resistant	10.0
Mevinphos-resistant	5.0
Profenofos-resistant	13.4
Prothiofos-resistant	7.1

*all five strains were bred from the same parental I-lan ('80) strain, a native susceptible strain in Taiwan [5]

mortality response were analyzed in probits. The susceptibilities of different DBM to insecticides were compared at both LC_{50} and LC_{75} levels.

The insect mortality of each treatment was counted 24 hours after the spray; the post-treatment holding temperature and relative humidity were controlled at 25±1°C and 85±10% respectively.

Results

The background information of 7 resistant and 2 susceptible diamondback moth strains to 15 commonly used insecticides were listed in Table 2. The complicated resistance of field collected strains provides a suitable testing material for detecting the possible cross-resistance from other insecticides. The LC_{50}, LC_{75} and slope of dosage-mortality response of all tested diamondback moth strains in regard to SN72129 were reported in Table 3.

Table 2. Regional variation of DBM susceptibilities to various insecticides in Taiwan (LC_{50}, in ppm)

Insecticide	IL (80')	IL (83')	HL	PT	MT	CL	TH	LC	FS
Mevinphos	70	100	500	320	360	280	300	270	420
Profenofos	100	120	1,010	580	960	860	1,200	1,450	680
Prophos	170	320	810	1,130	1,300	420	830	850	3,040
Cyanophenphos	190	100	770	1,320	1,160	1,430	2,600	1,670	3,360
Methidathion	270	560	1,030	1,010	1,380	790	990	1,300	640
Prothiofos	310	420	2,010	2,830	2,530	1,500	2,530	3,120	1,250
Mephosfolan	360	370	790	1,070	1,920	940	1,310	1,270	1,570
Phenthoate	670	280	630	770	1,920	890	960	4,200	1,520
Diethquinalphion	230	440	—	—	—	—	8,140	9,010	—
Decamethrin	4	12	130	50	290	160	270	340	600
Fenvalerate	9	41	430	90	820	510	1,260	830	780
Permethrin	14	16	220	50	220	140	440	530	740
Cypermethrin	19	41	220	100	260	150	270	250	370
Cartap	290	660	860	900	920	830	1,150	510	480
Carbofuran	120	150	680	820	640	690	720	1,410	1,020
SN 72129	60	102	178	128	121	48	104	105	87

Essentially, the SN72129 susceptibilities of both field and laboratory-bred resistant strains were indistinguishable. For the resistant strains, LC_{50} and LC_{75} were measured at 48-178 ppm and 116-477 ppm respectively. Similar ranges were obtained in the susceptible strains and the measurements of LC_{50} and LC_{75} were 60-102ppm and 125-198ppm respectively. No trend or difference in susceptibilities of tested diamondback moths showed signs of cross-resistance from the existing insecticides. The high and low reading in lethal concentrations were considered from normal experimental variations.

Table 3. Effective dosages of SN72129 against both susceptible and resistant DBM.

Insect used	LC_{50}, ppm	LC_{75}, ppm	Slope
Field-collect strains			
Chia-li str.	48.2	115.7	0.77
Feng-shan str.	87.4	255.1	0.63
Hua-lien str.	177.5	476.8	0.68
Lu-chu str.	104.6	299.5	0.64
Ma-tou str.	121.2	258.6	0.89
Ping-tung str.	127.8	287.3	0.83
Ta-hu str.	103.5	201.9	1.01
Lab.-bred resistant strains			
Carbofuran-resistant str.	127.1	312.3	0.75
Fenvalerate-resistant str.	50.8	155.0	0.60
Mevinphos-resistant str.	65.4	178.3	0.67
Profenofos-resistant str.	120.9	359.3	0.62
Prothiofos-resistant str.	65.1	130.9	0.96
Susceptible strains			
I-lan ('80) str.	59.5	124.8	0.91
I-lan ('83) str.	101.5	197.8	1.01

On the aspect of effectiveness of SN72129 on the diamondback moth, LC_{50} at 48-178ppm can be considered as a good control agent when it was compared to some other insecticides. The effectiveness of several commonly used control agents in Table 2 can serve as the comparative standards and are 70-100 ppm for mevinphos, 100-120 ppm for profenofos and 120-150ppm for carbofuran.

Discussion

The test for searching a new insecticide free from the effect of existing resistance in the diamondback moth should be very strict and careful. In this study, we collected 7 field strains as the materials with multiple resistance origins. For the second groups, five laboratory-bred strains of DBM with defined resistance to carbamate, organophos-

phorus and synthetic pyrethroid i.e., three major groups of insecticides, were used. The specially bred resistant strains will make the final analysis easier. Two susceptible strains of diamondback moth were the third testing group and both were collected from the same area except the collecting dates were three years apart.

The result of this study showed that all three groups of diamondback moths have similar SN72129 susceptibilities. The fact clearly demonstrated that SN72129 does not suffer any cross-resistance problems in the diamondback moth with either mixed resistances or defined resistance. We believed that the thiazoles must act differently from other traditional insecticides in killing the diamondback moth and that is why SN72129 is free from the cross resistance from all other insecticides.

The structure of SN72129 bears no resemblance to any existing insecticide group, particularly, no functional group on SN72129 can be recognized with a physiological significance at this time[7]. Although the mode of action of thiazoles is still unknown, it is obviously different from all known insecticides.

The effective dosage of SN72129 on the 24-hour mortality count is equivalent to that of mevinphos, profenofos and carbofuran. Other organophosphorus and cartap were less effective than SN72129. The synthetic pyrethroids are only effective against the susceptible strain but not the resistant strains in this study.

Judging from both the cross-resistance free character and the low level in effective dosage, SN72129 can serve as a useful control agent in the future pest control program to counter the current diamondback moth resistance problems.

References

1. Cheng, E. Y. 1981. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) II. A general survey (1980-81). J. Agric. Res. China 30 : 285-293.
2. Cheng, E. Y., T. M. Chou and C. H. Kao. 1984. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) V. The induction, cross resistance and glutathione-S-transferase in relation to mevinphos-resistance. J. Agric. Res. China 33 : 73-80.
3. Cheng, E. Y., T. M. Chou and C. H. Kao. 1985. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) VI. A comparative study of organophosphorus and synthetic pyrethroids resistances. (in press.)
4. Chi, hsin and Chih-ning Sun. 1976. A study on the resistance of *Plutella xylostella* (L.) to diazinon in Taiwan. Sci. Agric. 24 : 403-406.
5. Chou, T. M. and E. Y. Cheng. 1983. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) III. The insecticide susceptibilities and resistance response of a native susceptible strain. J. Agric. Res. China 32 : 146-154.
6. Feng, hai-tung and Chih-ning Sun. 1978. Diamondback moth resistance to methomyl in Taiwan. Sci. Agric. 26 : 135-138.
7. Hassall, K. A. 1982. The chemistry of pesticides, their metabolism, mode of action and uses in crop protection. The MacMillan Press, London and Basingstoke.
8. Lee, S. L. and W. T. Lee. 1979. Studies on the resistance of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) to commonly used insecticides. J. Agric. Res. China 28 : 225-236.
9. Liu, ming-yie, Ying-jeh Tzeng and Chih-ning Sun. 1982. Insecticide resistance in the diamondback

moth. J. Econ. Entomol. 75 : 153-155.
10. Schering Aktiengesellschaft. 1984. Technical information, Pact (SN72129) insecticide, 1st information. Berlin.

Thiazoles—適用於防治抗藥性小菜蛾之新殺蟲劑[1]

鄭　允　高靜華　周桃美[2]

摘　要

爲因應本省小菜蛾的抗藥問題，本所在各類新型殺蟲劑中尋得此種化學結構屬於 thiazoles 的藥劑，試驗代號爲SN72129。此殺蟲劑具有不受現用各類殺蟲劑交互抗性影響之特性，由田間採得七種混合抗藥品系及室內培養之五種專屬抗藥品系小菜蛾所測對該藥劑之感度，均與感性品系無異，顯示此藥劑對小菜蛾之殺蟲效果，與該蟲是否已對現用殺蟲劑產生抗藥性無關。

所得結果顯示：此新型殺蟲劑極有希望成爲未來防治本省小菜蛾的核心藥劑，可抒解目前小菜蛾抗藥性問題之困擾。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1190 號。本計畫承國科會補助（編號73-0409-B055-05），謹致謝忱。
2.本所應用動物系研究員、研究助理及計畫助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 33(4):424~430 (1984)

小 菜 蛾 生 活 史 觀 察

呂 鳳 鳴　　李 錫 山

摘要：小菜蛾，*Plutella xylostella* (L.)，是十字花科蔬菜世界性之重要害蟲。本文記述在本所鳳山分所經室內連續飼育此蟲一年之結果，全年共21代，有世代重疊之現象。平均卵期爲3.49±1.20天，幼蟲期爲8.24±1.80天，蛹期爲5.10±2.09天，成蟲期爲7.30±2.61天。雄蟲平均壽命爲7.33±2.48天，雌蟲爲 7.19±2.85天。卵孵化率爲80.19%±12.19%，雌蟲平均產卵量爲74.24±27.52粒，產卵期爲 3.33±1.18天。完成一世代平均需 24.10±7.09天。各蟲期受溫度 (x_1)，相對濕度 (x_2) 之影響很大，複迴歸分析方程式爲$\hat{Y}=71.4948-1.7538x_1-0.0004x_2$ ($R=0.9631$)。與溫度成負相關，與相對濕度成正相關；但以溫度之影響較大。

臺灣農業年報72年版記載臺灣地區71年蘿蔔、甘藍、結球白菜、不結球白菜、花椰菜等主要十字花科蔬菜栽種總面積約爲五萬公頃，產量約九十萬公噸，栽種面積大部分分布於臺北、彰化、南投、雲林、嘉義及高雄等縣。由於十字花科蔬菜種類繁多，生長期雖短，但栽種期間小菜蛾常發生２～３代，嚴重影響產量和品質，故擬對該蟲之全年生活史加以澈底了解，以助防治工作。

過去對小菜蛾生活史觀察，知本省北部（農試所臺北舊址）室內一年19代室外一年18代[3]，另北部有12～15代之記錄[6,8]。６～８月發生最少，11～３爲月最盛期[10]。目前多採藥劑防治法，但易生抗藥性[1,2,13,17,18]，故成效不著；本省曾釋放小菜蛾小繭蜂，*Apanteles plutellae* Kurdj，於田間進行生物防治工作[4,5,9]，但因農民用藥頻繁，將天敵一併殺害，難收預期成效；以蘇力菌[14,15]、顆粒體病毒[7]等微生物防治法，效果亦緩慢不爲農民接受。現漸重視一種昆蟲生長調節劑來防治小菜蛾，將來是否可應用於田間尚有待研究。另外，用人工合成的小菜蛾性費洛蒙（Sex pheromone）來誘殺成蟲，藉以降低田間棲羣密度，減少子代數[16,19]；此是一種安全有效的方法，目前在本省正進行試驗中。

由前人之研究，獲知小菜蛾爲一頑强的蔬菜害蟲，故對其全年生活史應作詳細之觀察、記錄，以針對各蟲期找出可行之有效防治方法。

材料與方法

將田間採集到之小菜蛾蛹體置網室中飼育，進行全年生活史之觀察、記錄。

先在試管（4×10cm）之底部塡入一層 2cm 厚的石膏，用自來水濕潤以保持管內適當濕度。每一試管養一隻幼蟲，各加編號，每代計養60隻。管口蓋紗布並用橡皮筋束之。每天觀察、記載各蟲期變化及更換新鮮甘藍菜葉。至羽化後加以配對，每試管內襯繞一片黑紙，紙上粘一含５%稀釋蜜水之小指形管，管口用棉花塞住，做爲成蟲之食料。每天計算產卵量及更換清潔之試管。含卵之葉片放入新試管中標上日期、卵數，觀察其孵化率及卵期中變化；另記錄成蟲之壽命、性比率、交尾時間、交

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1191 號。文承中興大學貢校長穀紳斧正及溫宏治先生之協助，謹表謝忱。

2.本所鳳山熱帶園藝試驗分所植保系助理、副研究員兼系主任。臺灣省　高雄縣　鳳山市。

尾次數及趨性等習性。並飼育未交尾雌蟲、雄蟲各20隻，觀察其壽命。

每20支試管放在一養蟲架中以便提取，再置入養蟲箱，箱旁掛乾濕球溫度計及最高、最低溫度計，每天加以記錄。當夏季網室內溫度比網室外者相差大時或日光斜照的季節，爲避免微氣候現象，在養蟲箱上方加一層60%遮蔭網，使接近於自然環境。

結果與討論

（1）小菜蛾全年生活史概述：

小菜蛾爲完全變態的昆蟲，其生活史分爲卵、幼蟲、蛹、成蟲等四期。由網室內全年（1983年1月至12月）飼育結果爲21代，如圖一所示，有世代重疊之現象。

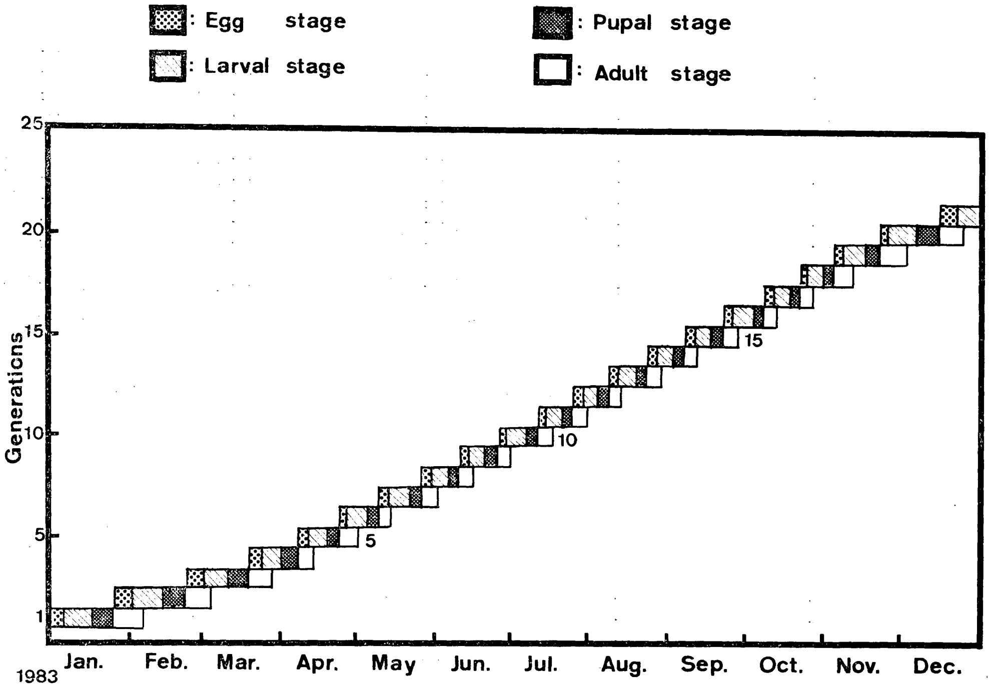


Fig. 1. The generations of diamondback moth in screen greenhouse

如表一小菜蛾全年各世代各蟲期之發育日數。卵期爲2.19—（3.49±1.20）—6.95天；幼蟲期6.12—(8.24±1.80)—12.28天；蛹期3.53—（5.10±2.09）—10.43天；成蟲期4.64—(7.30±2.61)—12.83天；而以成蟲期個體差異較大，幾乎各世代之變異係數(Coefficient of variation）均大於20%；完成一世代需17.76—（24.10±7.09）—38.98天。

從飼養觀察各世代雌雄蟲壽命、性比率之結果如表二。全年各世代平均雌蟲壽命爲7.19±2.85天，雄蟲爲 7.33±2.48天，性比率爲雌：雄＝1：1.01。全年中氣溫高（月平均溫度爲28～31°C））之季節（5～10月）其成蟲壽命平均爲5.37天，性比率平均爲雌：雄＝1：1.09，有雄蟲偏多之趨勢[12]。在其他低溫月份（月平均溫度爲20～27°C）則成蟲壽命平均爲9.41天，性比率平均爲雌：雄＝1.04：1，資料中亦列出各世代未交尾成蟲之壽命平均雌蟲爲7.94±2.82天，雄蟲爲8.27±3.33天，一般而言，成蟲之壽命其未交尾者比交尾者爲長。

Table 1. The life history of diamondback moth from Jan. 1983 to Jan. 1984 (X̄±S. D.)

Gen.	Egg stage	Larval stage	Pupal stage	Adult stage	Total (Days)
1	4.98±0.99	10.93±1.62	7.92±1.26	12.10±2.91	36.10±2.83
2	6.95±1.17	12.28±1.97	8.55±0.94	9.97±3.12	37.92±4.30
3	5.70±0.74	9.27±1.47	8.32±1.02	10.15±4.19	33.43±4.10
4	5.02±0.72	8.05±1.43	5.72±1.14	7.08±2.17	25.93±2.21
5	2.79±0.45	8.11±1.14	4.00±0.43	7.94±2.77	22.81±3.21
6	2.82±0.67	7.91±1.76	3.89±0.43	5.16±2.30	19.80±2.99
7	2.60±0.49	8.65±1.21	3.83±0.64	6.91±3.25	21.98±3.14
8	3.23±0.53	7.27±0.73	3.82±0.59	4.97±1.67	19.28±1.81
9	3.02±0.69	7.02±1.70	3.65±0.58	4.71±2.05	18.40±1.97
10	2.84±0.42	7.87±1.19	3.53±0.83	5.73±2.45	19.98±2.57
11	2.19±0.40	7.13±1.17	3.85±0.98	6.00±3.03	19.15±3.18
12	3.06±0.88	6.49±1.11	3.58±0.60	4.83±2.00	17.96±2.63
13	2.97±0.49	7.37±3.11	3.62±0.91	5.53±2.19	19.50±4.49
14	2.62±0.76	6.58±0.82	3.83±0.53	4.73±1.79	17.76±1.76
15	2.74±0.66	6.50±0.91	3.81±0.68	5.77±2.58	18.82±2.56
16	3.22±1.09	7.59±1.53	3.82±0.75	4.64±2.35	19.28±2.73
17	2.98±0.53	6.12±0.98	3.62±0.73	5.28±2.22	18.00±2.14
18	2.41±0.50	6.34±1.13	4.37±0.84	7.37±3.57	20.76±2.27
19	3.04±0.19	8.57±1.24	4.96±0.60	11.36±3.10	27.57±5.82
20	3.42±0.50	11.48±1.71	8.03±0.95	9.98±4.99	32.78±4.65
21	4.58±0.65	11.50±1.33	10.43±1.34	12.83±5.68	38.98±7.09
Average	3.49±1.20	8.24±1.80	5.10±2.09	7.30±2.61	24.10±7.09

Table 2. The adult stage of diamondback moth in various generations (X̄±S. D.)

Gen.	Longevity of mated adult (Days)		Longevity of unmated adult (Days)		Sex ratio		
	female	male	female	male	female	:	male
1	12.91±2.47	11.04±3.12	—	—	1.31	:	1
2	9.31±2.89	10.71±3.12	—	—	1.14	:	1
3	8.21±2.09	11.05±4.60	11.63±4.58	13.16±3.80	1	:	2.16
4	7.19±1.82	6.97±2.48	8.40±2.42	6.88±1.76	1.07	:	1
5	7.72±3.20	8.21±3.20	8.13±4.48	10.78±3.39	1.21	:	1
6	5.09±1.50	5.23±2.65	7.00±3.92	8.33±4.03	1.05	:	1
7	5.61±2.83	8.68±2.85	7.75±1.82	9.17±4.23	1.35	:	1
8	4.84±1.78	5.06±1.59	4.62±1.49	4.57±1.59	1	:	1.40
9	4.74±1.73	4.68±2.01	5.80±1.78	5.50±2.50	1.08	:	1
10	5.25±2.31	5.73±2.55	8.83±2.91	6.86±3.13	1.14	:	1
11	6.21±3.24	5.79±3.04	9.00±1.41	7.00±2.45	1	:	1
12	4.64±2.13	5.00±1.85	5.25±1.64	6.73±2.24	1	:	1.12
13	5.21±1.84	5.81±2.43	6.67±2.11	8.11±2.18	1	:	1.14
14	4.50±1.44	4.98±2.00	4.11±2.08	3.83±2.03	1.14	:	1
15	5.95±2.38	5.65±3.56	6.50±2.38	3.86±2.04	1	:	1.64
16	4.59±1.99	4.31±2.51	6.64±2.35	8.00±3.79	1	:	1.23
17	5.48±2.18	5.07±2.54	6.29±2.66	7.33±1.76	1.07	:	1
18	6.90±3.24	8.21±3.88	7.83±3.95	8.50±1.61	1.11	:	1
19	11.10±3.08	11.68±6.32	13.63±3.53	15.25±8.14	1.24	:	1
20	11.82±4.43	8.13±4.81	14.88±7.04	16.00±9.89	1	:	1.14
21	13.80±6.85	11.48±5.21	—	—	1.31	:	1
Average	7.19±2.85	7.33±2.48	7.94±2.82	8.27±3.33	1	:	1.01

表三爲觀察各世代平均之雌蟲產卵期、產卵量及孵化率的結果，全年平均一雌蟲產卵期爲1.67—(3.33±1.18) —6.82天。產卵量 0 — (74.24±27.52) —284粒，孵化率平均爲80.19%±12.19%。在高溫季節一雌蟲平均產卵量爲59.43粒，產卵期爲2.47天，孵化率爲73.75%；而低溫季節一雌蟲平均產卵量爲90.52粒，產卵期爲4.27天，孵化率爲87.29%。

Table 3. The duration of oviposition, No. of eggs per female and the hatching percentage of diamondbabk moth in various generations. (Jan. 1983—Jan. 1984)

Gen.	The duration of oviposition (Days)	No. of eggs per female min. -- mean -- max.	% of Hatching
1	6.82	27 — 104.68 — 188	92.90
2	4.16	0 — 84.38 — 220	83.90
3	3.68	0 — 108.89 — 268	95.22
4	4.10	0 — 124.71 — 222	97.40
5	3.92	1 — 72.77 — 187	86.50
6	3.05	0 — 63.47 — 128	84.26
7	3.30	0 — 74.78 — 147	87.80
8	2.52	0 — 40.56 — 127	91.83
9	2.00	0 — 32.93 — 90	64.11
10	2.42	0 — 53.38 — 229	80.34
11	2.56	0 — 67.44 — 154	77.67
12	1.80	0 — 43.36 — 133	68.37
13	3.14	0 — 99.14 — 189	74.03
14	2.28	0 — 41.72 — 126	73.06
15	2.43	0 — 52.90 — 154	66.19
16	1.67	0 — 48.33 — 176	45.32
17	3.07	0 — 99.17 — 223	82.49
18	4.38	0 — 122.76 — 284	74.67
19	3.50	0 — 92.33 — 263	92.17
20	4.78	0 — 80.96 — 192	88.94
21	4.29	0 — 50.24 — 146	76.90
Average	3.33	0 — 74.24 — 284	80.19

（2）小菜蛾全年生活史和環境因子之關係：

如圖二小菜蛾全年各世代各蟲期平均發育日數和平均溫度、相對濕度間之關係，知其各蟲期發育日數 (y)，受溫度 (x_1)，相對濕度 (x_2) 之影響很大，其複迴歸分析方程式爲 $\hat{Y} = 71.4948 - 1.7538x_1 + 0.0004x_2$ ($R = 0.9631$)。

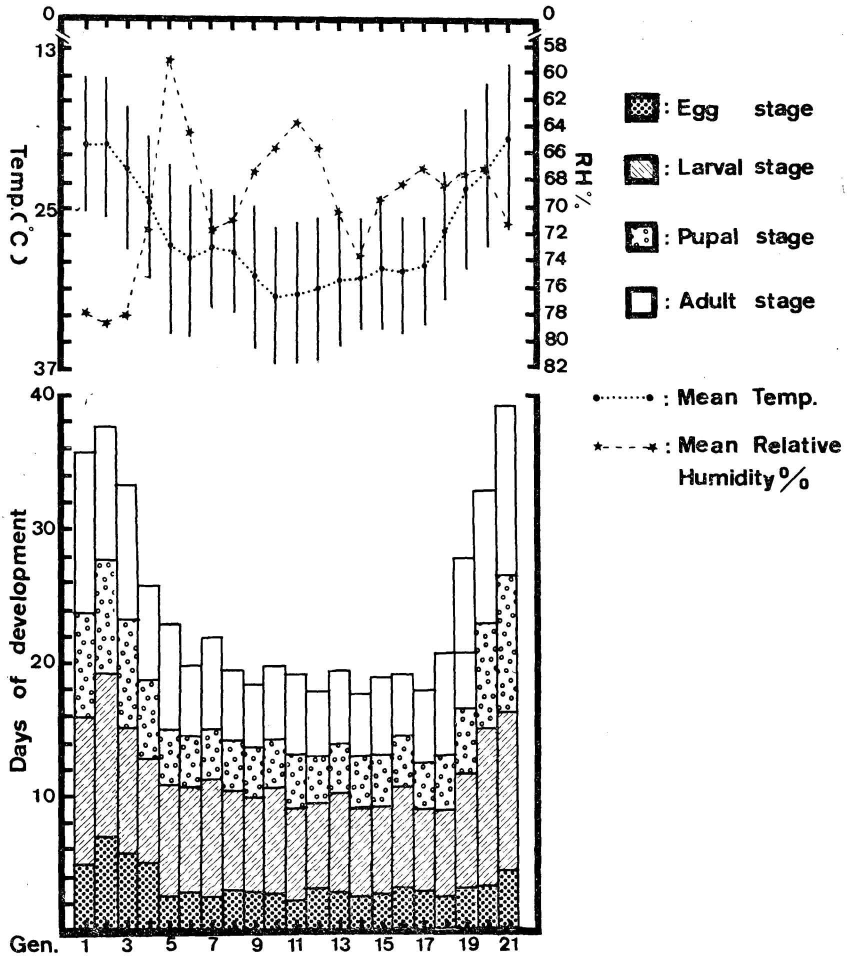


Fig. 2. The days of development in relation to the mean temperature & relative humidity of various generations of DBM (Jan. 1983—Jan. 1984)

見圖三各蟲期發育日數（y）和溫度（x）成負相關：$\hat{Y}=71.4597-1.7535x$ （r=0.9631），亦即各世代發育日數隨着溫度之增高而減少。而和相對濕度（x）略成正相關：$\hat{Y}=-32.9031+0.8219x$（r=0.5583），亦即各世代發育日數隨相對濕度之增高而增加。而溫度之影響較相對濕度之影響爲大。

小菜蛾是屬於短日照類鱗翅目蔬菜害蟲，當照光週期愈長，發育日數愈短[9]。在臺灣北部小菜蛾生活史觀察其卵期平均爲3.9天、蛹期平均爲6.3天，成蟲產卵期平均爲3.6天[3]，其各蟲期均比在臺灣南部之各蟲期爲長。若溫度在 10～35°C間小菜蛾幼蟲發育日數和溫度之關係式爲：$\hat{Y}=61.00-4.08x+0.08x^2$（$r^2=0.9781$），其發育適溫爲 20～25°C，又在10～25°C 間其幼蟲期取食量隨溫度之上升而遞減[11]。

由全年網室內飼育結果，得知小菜蛾在秋冬季節各世代日數較長，但繁殖力較强；而且冬季栽種之十字花科之作物較多，故小菜蛾甚爲嚴重。在夏季，尤以（6～8月）各世代日數較短，但繁殖力較弱，而且夏季栽種之十字花科作物較少，故在盛夏季節較少發現小菜蛾之爲害。

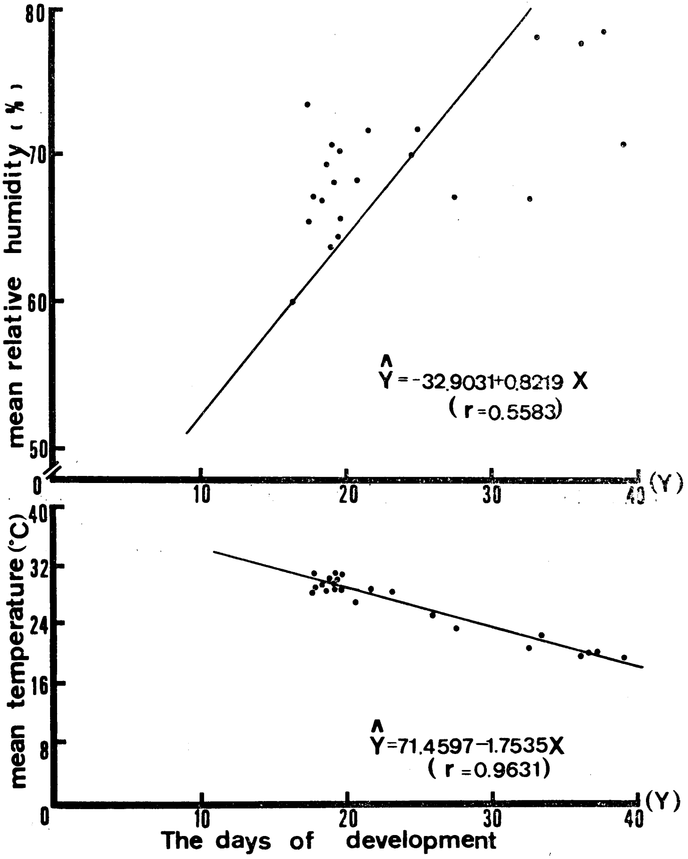


Fig. 3. The days of development in relation to the mean temperature & relative humidity of various generations of DBM.

參 考 文 獻

1.李順連、李文台，1979.小菜蛾對常用農藥之抗藥性研究。中華農業研究28（4）：225—235

2.李錫山、吳國家、劉達修、溫宏治，1979.小菜蛾及白粉蝶之殺蟲劑防治比較試驗。臺灣農業15（6）：22—30

3.吳國家、1968.小菜蛾之形性觀察及其天敵考查。農業研究17（2）：51—64

4.邱瑞珍、錢景秦、1972.小菜蛾*Plutella xylostella*（L.）幼蟲寄生小繭蜂（*Apanteles plutella* Kurdj）之觀察。植保會刊14：145—152

5.邱瑞珍、錢景秦、張良傳、周根清、裘曙舟、1975.小菜蛾寄生小繭蜂之大量繁殖與田間釋放。農業研究23（1）：48—59

6.唐美逸、1968.小菜蛾生活史之研究及其綜合防治。中美技術季刊13：1—11

7.高學文、嚴奉琰、1972.小菜蛾顆粒體病之研究。臺大農學院研究報告13（1）：172—181

8.高學文、1974.小菜蛾研究成果概觀。科學農業（22）：45—55

9.徐世傑、王振容、1971.光週期和溫度對小菜蛾發育及小繭蜂寄生關係之研究。臺大植物病蟲害系系刊 1：3—36

10.秦登、1974.小菜蛾發生消長與環境因子關係研究。臺灣農業10（4）：81—84

11.陳秋男、蘇文贏、1978.溫度對小菜蛾幼蟲發育及食葉量之影響。植保會刊：20（3）：224—231

12.黃宗德、1970.小菜蛾之生態。蔬菜害蟲學術討論會：43—44

13.孫志寧、1981.小菜蛾對殺蟲劑的抗藥性。科學農業29：245—247

14.張良傳、1972.蘇力菌與數種殺蟲劑對蔬菜害蟲之防治試驗。臺灣農業8（8）：164—169

15.蕭文鳳、陳秋男、1980.蘇力菌及其在蟲害管理上之應用簡介。興大昆蟲學報15：65—84

16. Chow, Y. S., Y. M. Lin & C. L. Hsu. 1977. Sex pheromone of the diamondback moth. Bull. Inst. Zool., Academia Sinica 16(2) : 99-105.

17. Cheng, E. Y. 1981. Insecticide resistance study in *Pultella xylostella* (L.)II. A general survey(1980—1981). Jour. Agr. Res. China 30 : 285-293.

18. Liu, M. Y., Y. J. Tzeng & C. N. Sun. 1982. Insecticide resistance in diamondback moth. Jour. of Econ. Entomol. 75 : 153-155.

19. Lin, Y. M., Y. S. Chow & H. C. Tzeng. 1982. Field Trapping of the diamondback moth *Plutella xylostella* (Linnaeus) and *Pseudaletia separata* Walker using the synthetic sex pheromone of the diamondback moth. Bull. Inst. Zool., Academia Sinica. 21(2) : 121-127.

Observations of the Life History of Diamondback Moth *Plutella xylostella* (L.) in Whole Year

Feng-Ming Lu and Hsi-Shan Lee

Summary

The diamondback moth, *Plutelle xylostella* (L.), is one of the most destructive insect pests on cruciferous vegetables in the world. This paper reported about its life history in whole year. The rearing work was carried out in a shaded portion of a screen greenhouse from Jan. to Dec. in 1983. The moth took about 21 generations in a year, and overlapping were observed between generations. The mean developmental durations of every stage from egg to adult were 3.49±1.20 days, 8.24±1.80 days, 5.10±2.09 days and 7.30±2.61 days respectively. The longevity of male and female adults averaged 7.33±2.48 days and 7.19±2.85 days. The mean hatching percentage of egg was 80·19% and the mean deposition of eggs was 74.24 per female, while the mean duration of oviposition was 3.33 days. One generation was about 24.10±7.09 days in average through the year. The developmental period, Y (in days) in relation to the mean temperature, X_1 (°C) and the mean relative humidity, X_2 (%) of various generations was $\hat{Y}=71.4948-1.7538X_1+0.0004X_2$ (R=0.9631). The relationship between the development of the moth and the temperature was negative, while the relative humidity was positive within adequate range.

1. Contribution No. 1191 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Research assistant and Head, Plant Protection Division, respectively. Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, TARI. Fengshan. Kaohsiung, Taiwan, 830, R. O. C.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 33(4)：431～436 (1984)

稻穀貯藏害蟲發生來源調查[1]

林 檥　　李錦霞[2]

摘要：本調查於臺中、彰化及南投等三縣各倉庫進行。在25處空倉沿牆脚地面，掃集 1M² 內各種昆蟲，平均有 436.6隻，其活蟲率平均爲2.7%，害蟲種類有米象 (*Sitophilus oryzae*)，玉米象 (*S. zeamais*)，穀蠹 (*Rhizopertha dominica*)，擬穀盜 (*Tribolium castaneum*)，小擬穀盜 (*Gnathocerus maxillosus*)，長首穀盜 (*Latheticus oryzae*)，外米僞步行蟲 (*Alphitobius diaperinus*)，大擬穀盜 (*Palorus foveicollis*)，大穀盜 (*Tenebroides mauritanicus*)，暹羅穀盜 (*Lophocateres pusillus*)，鋸胸粉扁蟲 (*Oryzaephilus surinamensis*)，角胸粉扁蟲 (*Laemophloeus ferrugineus*)，矮圓細肩蟲 (*Murmidius ovalis*)，米露尾蟲 (*Carpophilus obsoletus*)，小紅鰹節蟲 (*Trogoderma granarium*)，矮毛鰹節蟲 (*Trinodes rufescens*)，矮圓鰹節蟲 (*Anthrenus* sp)，細豆蟲 (*Thorictodes heydeni*)，背圓標本蟲 (*Gibbium psyllioides*) 及麥蛾 (*Sitotroga cerealella*) 等20種。

就 28 處墊倉穀殼樣品中，每 1ℓ 平均含蟲29.5隻，其活蟲率平均爲4.7%，害蟲種類發現有米象、穀蠹、擬穀盜、小擬穀盜、長首穀盜、大擬穀盜、暹羅穀盜、鋸胸粉扁蟲、角胸粉扁蟲、小紅鰹節蟲、矮圓細肩蟲及麥蛾等12種。

在33處倉庫新進稻穀樣品，每 1kg 中平均含蟲0.7隻，其活蟲率平均爲80.7%，害蟲種類有穀蠹、擬穀盜、暹羅穀盜及角胸粉扁蟲等 4 種。樣品經檢查後保存 40 天之害蟲羽化數平均0.3隻，僅米象與穀蠹 2 種。經 1 個月第 2 次採樣檢查之樣品內平均含蟲0.4隻，其活蟲率平均爲 77.8 %，害蟲有米象、穀蠹、擬穀盜、暹羅穀盜、角胸粉扁蟲及鋸胸粉扁蟲等 6 種。該樣品保存40天後害蟲羽化平均爲1.0隻，害蟲除暹羅穀盜未發現外，並有麥蛾出現。經 2 個月第 3 次採樣檢查之樣品平均含蟲爲0.7隻，其活蟲率平均爲66.8%，害蟲有米象、穀蠹、擬穀盜、角胸粉扁蟲及鋸胸粉扁蟲等 5 種；該樣品保存40天羽化蟲數平均爲 1.0 隻，害蟲有米象、穀蠹、角胸粉扁蟲及麥蛾等 4 種。經 3 個月第 4 次採樣檢查含蟲平均爲1.4隻，其活蟲率平均爲92.7%，害蟲有米象、穀蠹、擬穀盜 、角胸粉扁蟲及鋸胸粉扁蟲等 5 種；該樣品保存40天羽化蟲數平均爲 4.9 隻，害蟲有米象、穀蠹、擬穀盜、暹羅穀盜及麥蛾等 5 種。經 4 個月第 5 次採樣檢查含蟲平均爲3.9隻，其活蟲率平均爲 79.4 %，害蟲有米象、穀蠹、擬穀盜、暹羅穀盜及角胸粉扁蟲等 5 種；該樣品保存40天羽化蟲數平均爲37.6隻，害蟲有米象、穀蠹、擬穀盜、角胸粉扁蟲及麥蛾等 5 種。

稻穀收穫後，在倉庫貯藏期間，均易受積穀害蟲之爲害。據本所於民國55年在臺中以北地區作普遍性調查，發現倉庫害蟲65種，其中屬主要害蟲者13種，其餘均爲次要害蟲。然對儲穀期間害蟲發生之來源究係隨稻穀帶進倉庫抑或原來即潛伏於倉庫，仍無定論，故必須深入探討瞭解。本所自民國71年 7 月至72年 6 月在本省中部地區進行取樣調查，茲將所得資料整理報告於後，供倉庫害蟲防治之參考。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告 1192 號。本研究承行政院農業發展委員會中央加速農村建設 (72農建—4.1—產—81) 計畫補助經費完成。

2.本所應用動物系助理、計畫助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

調查方法

調查倉庫：臺中縣（7 倉庫）：霧峰、豐原、后里、外埔、大甲、清水及西屯。彰化縣（15倉庫）：彰化、花壇、員林、和美、田尾、永靖、北斗、秀水、埤頭、埤頭路口厝、鹿港、鹿港頂番婆、竹塘、線西及伸港。南投縣（11倉庫）：南投、草屯、國姓、埔里、魚池、水里、集集、竹山、竹山社寮、中寮、名間等鄉鎮農會及辦事處。

空倉：各空倉內在牆脚選擇並劃定地面 1M^2 處，每空倉五重複，用掃把掃集其中所有什物與害蟲，放入塑膠袋，攜回室內檢查。

結果與討論

表1. 中部地區空倉地面害蟲之調查

Table 1. Survey on insect pests on floor at empty warehouses in central Taiwan

害蟲種類 Insects	臺中 Taichung		彰化 Changhua		南投 Nantou		平均 Average	
	蟲數 Total no. of insects	活蟲 No. of living insects	蟲數 Total no. of insects	活蟲 No. of living insects	蟲數 Total no. of insects	活蟲 No. of living insects	蟲數 Total no. of insects	活蟲 No. of living insects
米象 *S. oryzae*	105.9	0.9	112.2	0.8	27.8	0.2	81.9	0.6
玉米象 *S. zeamais*	11.0	0	1.9	0.1	0.6	0	4.5	0.1
穀蠹 *R. dominica*	94.4	1.0	106.1	0.8	127.5	12.8	109.3	4.9
擬穀盜 *T. castaneum*	5.3	0	8.7	0.2	10.5	2.2	8.2	0.8
小擬穀盜 *G. maxillosus*	0.3	0	33.7	4.2	11.0	1.6	15.0	1.9
長首穀盜 *L. oryzae*	0.2	0.1	2.6	0.2	4.5	0.3	2.4	0.2
外米僞步行蟲 *A. diaperinus*	0	0	1.1	0.6	0.3	0.1	0.5	0.2
大擬穀盜 *P. foveicollis*	0.1	0	1.6	1.3	1.3	0.4	1.0	0.6
大穀盜 *T. mauritanieus*	8.0	0.2	0.5	0.1	0.4	0.1	2.9	0.1
暹羅穀盜 *L. pusillus*	141.4	0.1	125.0	0.5	86.0	1.5	117.5	0.7
鋸胸粉扁蟲 *O. surinamensis*	4.3	0.2	19.1	0.9	16.6	0.3	13.3	0.5
角胸粉扁蟲 *L. ferrugineus*	4.4	0	29.8	0.4	18.4	0.2	17.5	0.2
矮圓細肩蟲 *M. ovalis*	0	0	1.4	0.3	3.6	0.3	1.7	0.2
米露尾蟲 *C. obsoletus*	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0
小紅鰹節蟲 *T. granarium*	1.8	0	0.2	0.1	1.4	0.4	1.1	0.2
矮毛鰹節蟲 *T. rufescens*	0	0	0.8	0.5	0	0	0.3	0.2
矮圓鰹節蟲 *A.* sp.	0.1	0	0.1	0.1	0.2	0	0.1	0.1
細豆蟲 *T. heydeni*	0.5	0.1	0.6	0.1	0.3	0.1	0.5	0.1
背圓標本蟲 *G. psyllioides*	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0.1	0.1
麥蛾 *S. cerealella*	172.9	0.2	1.4	0.1	0.4	0.1	58.2	0.1
其他 Others	0	0	0.7	0.4	0.7	0.7	0.5	0.4
合計 Total	550.9	2.9	447.6	11.8	311.5	21.3	436.6	12.2
活蟲率 Percentage of living insects		0.5		2.6		6.8		

墊倉穀殼：稻穀儲藏之先，均以穀殼墊底，採樣 1ℓ 放入塑膠袋，三重複，携回室內檢查。

新進稻穀：打開袋裝稻穀袋口，分別自三袋中取樣合併爲 1kg，放入細布袋，二重複，携回檢查及存放待害蟲羽化。

檢查：將樣品自塑膠袋倒出，以43網目篩子篩去灰塵。穀殼與稻穀分別用15網目及 8.5 網目之篩子篩出害蟲（成蟲），並檢查害蟲種類，害蟲死活數，稻穀檢查後繼續存放於塑膠筒內加蓋，至40天再行檢查害蟲成蟲數。

空倉：地面所掃集之害蟲數；臺中地區30.6—（550.9）—1,296.1隻，其活蟲率爲0.4—（0.5）—2.9%。彰化地區爲158.2—（447.6）—1,242.1隻，其活蟲率爲0.1—（2.6）—16.5%。南投地區爲73.5—（311.5）—548.2隻，其活蟲率爲1.7—（6.9）—17.7%。活蟲中之相對密度，臺中地區以

表2. 中部地區墊倉穀殼害蟲之調查

Table 2. Survey on insect pests on grain husks at the bottom layer of warehouses in central Taiwan

害蟲種類 Insects	臺中 Taichung		彰化 Changhua		南投 Nantou		平均 Average	
	蟲數 Total no. of insects	活蟲 No. of living insects	蟲數 Total no. of insects	活蟲 No. of living insects	蟲數 Total no. of insects	活蟲 No. of living insects	蟲數 Total no. of insects	活蟲 No. of living insects
米象 *S. oryzae*	0.7	0	4.0	0.1	3.7	0	2.8	0.1
穀蠹 *R. dominica*	9.0	0.4	21.6	0.4	16.2	0.2	15.6	0.3
擬穀盜 *T. castaneum*	0.2	0.1	0.5	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1
小擬穀盜 *G. maxillosus*	0	0	0.4	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1
長首穀盜 *L. oryzae*	0.2	0.1	0.5	0.2	0.5	0.1	0.4	0.1
大擬穀盜 *P. fovaicollis*	0	0	0.1	0.1	0	0	0.1	0.1
暹羅穀盜 *L. Pusillus*	0.9	0	15.7	0.4	2.8	0.1	6.5	0.2
鋸胸粉扁蟲 *O. surinamensis*	0.4	0.1	2.2	0.2	0.7	0.1	1.1	0.1
角胸粉扁蟲 *L. ferrugineus*	0.4	0	4.7	0.4	0.9	0.5	2.0	0.3
小紅鰹節蟲 *T. granarium*	0.3	0	0.1	0	0	0	0.1	0
矮圓細肩蟲 *M. ovalis*	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.1
麥蛾 *S. cerealella*	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1
其他 Others	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0
合計 Total	12.1	0.7	50.0	2.1	25.7	1.3	29.5	1.6
活蟲率 Pexcentage of living insects		5.8		4.2		5.1		

表3. 中部地區稻谷貯藏期間害蟲發生調查

Table 3. Occurrence of insect pests on rice grain during storage in central Taiwan

貯藏期間 Storage period Month	臺中 Taichung 蟲數 Total no. of insects	臺中 Taichung 活蟲 No. of living insects	彰化 Changhua 蟲數 Total no. of insects	彰化 Changhua 活蟲 No. of living insects	南投 Nantou 蟲數 Total no. of insects	南投 Nantou 活蟲 No. of living insects	平均 Average 蟲數 Total no. of insects	平均 Average 活蟲 No. of living insects
0	0.2 (0.6)[a]	0.2 (0.6)	1.9 (0.1)	0.8 (0.1)	0.1 (0.2)	0.1 (0.2)	0.7 (0.3)	0.4 (0.3)
1	0.3 (1.8)	0.2 (1.8)	0.6 (0.4)	0.4 (0.4)	0.4 (0.7)	0.4 (0.7)	0.4 (1.0)	0.3 (1.0)
2	0.6 (0.2)	0.4 (0.2)	0.8 (0.7)	0.5 (0.7)	0.7 (2.0)	0.5 (2.0)	0.7 (1.0)	0.5 (1.0)
3	1.6 (7.3)	1.4 (7.3)	1.0 (1.7)	1.0 (1.7)	1.6 (5.8)	1.5 (5.8)	1.4 (4.9)	1.3 (4.9)
4	— (—)	— (—)	1.8 (12.5)	1.5 (12.5)	6.1 (62.7)	4.6 (62.7)	3.9 (37.6)	3.1 (37.6)

a. 括弧中之數字係檢查後稻穀樣品存放至40天之出現成蟲數。
Data in parentheses were numbers fo adults/found in samples 40 days after the first examination.

穀蠹占34.6%，米象占31.1%，大穀盜、鋸胸粉扁蟲、麥蛾各占 6.9%，長首穀盜、暹羅穀盜、細豆蟲、背圓標本蟲各占3.4%。彰化地區以穀蠹占 34.6%，米象占31.1%，大擬穀盜、暹羅穀盜、細豆蟲各占6.9%，長首穀盜、大穀盜、矮毛鰹節蟲、矮圓鰹節蟲各占3.4%。南投地區以穀蠹占60.1%，擬穀盜占10.3%，小擬穀盜占7.5%，暹羅穀盜占7.0%，大擬穀盜、小紅鰹節蟲各占 1.9%，長首穀盜、鋸胸粉扁蟲、矮圓細肩蟲各占1.4%，米象、角胸粉扁蟲各占0.9%，外米僞步行蟲、大穀盜、細豆蟲、麥蛾各占0.5%，其他占3.3%。（表１）。

墊倉穀殼：在穀殼中含有害蟲數，臺中地區爲2.3—（12.1）—30.7隻，其活蟲率爲 3.3—（5.8）—30.3%。彰化地區爲4.0—（50.0）—325.3隻，其活蟲率爲0.5—（4.2）—69.5%。南投地區爲6.0—(25.7)—54.3隻，其活率蟲爲0—（5.1）—14.0%。活蟲中相對密度臺中地區以穀蠹占 57.1%，擬穀盜、長首穀盜、鋸胸粉扁蟲各占14.3%。彰化地區以穀蠹、暹羅穀盜、角胸粉扁蟲各占19.0%，長首穀盜、鋸胸粉扁蟲各占9.5%，米象、擬穀盜、小擬穀盜、大擬穀盜、矮圓細肩蟲各占4.8%。南投地區以角胸粉扁蟲占38.4%，穀蠹占15.4%，擬穀盜、小擬穀盜、長首穀盜、暹羅穀盜、鋸胸粉扁蟲、麥蛾各占7.7%。（表２）。

新進稻穀：調查新進稻穀樣品中害蟲發生情形：臺中地區爲0—（0.2）—1.0隻，其活蟲率爲100.0%。經１個月貯藏者爲0—（0.3）—1.0隻，其活蟲率爲66.7%；２個月者爲0—（0.6）—1.5隻，其活蟲率爲57.1%；３個月者爲0—（1.6）—6.0隻，其活蟲率爲 83.3%。彰化地區爲0—（1.9）—4.5隻，其活蟲率爲42.1%。經１個月貯藏者爲0—（0.6）—2.0隻，其活蟲率爲37.5%；２個月者爲0—（0.8）—4.0隻，其活蟲率爲52.6%；３個月者爲0—（1.0）—12.5隻，其活蟲率爲 86.2%；４個月者爲0—（1.8）—7.0隻，其活蟲率爲81.1%。南投地區爲0—（0.1）—0.5隻，其活蟲率爲100.0%。經１個月貯藏者爲0—（0.4）—1.3隻，其活蟲率爲 86.8%；２個月者爲0—（0.7）—3.0隻，其活蟲率爲76.9%；３個月者爲0—（1.6）—11.0隻，其活蟲率爲90.6%；４個月者爲0—（6.1）—16.5隻，其活蟲率爲75.5%。活蟲中相對密度，臺中地區爲米象占66.7%，暹羅穀盜占33.3%。經１個月貯藏者米象占100.0%；２個月者米象占75.0%，穀蠹占25.0%；３個月者米象占 60.0%，穀蠹占20.0%，擬穀盜占13.0%，其他占7.0%。彰化地區爲穀蠹占 62.5%，擬穀盜、暹羅穀盜、角胸粉扁蟲各占12.5%。經１個月貯藏者米象占50.0%，穀蠹、暹羅穀盜各占16.7%，角胸粉扁蟲占16.6%

；2個月者米象占60.0%，擬穀盜占20.0%，角胸粉扁蟲、小紅鰹節蟲各占10.0%；3個月者米象占68.0%，擬穀盜占12.0%，穀蠹、鋸胸粉扁蟲各占8.0%，角胸粉扁蟲占4.0%；4個月者米象、擬穀盜各占48.8%，暹羅穀盜占2.4%。南投地區為穀蠹占100.0%。經1個月貯藏者擬穀盜占39.4%，米象占30.2%，鋸胸粉扁蟲、麥蛾各占15.2%；2個月者米象占 100.0%；3個月者米象占82.8%，暹羅穀盜、麥蛾各占6.9%，角胸粉扁蟲占3.4%；4個月者米象占43.2%，暹羅穀盜占24.3%，角胸粉扁蟲占17.6%，麥蛾占5.4%，擬穀盜占1.4%，其他占 8.1%。每次檢查後稻穀存放40天害蟲羽化數，臺中地區者為0.6隻，貯藏經1個月者為1.8隻，2個月者為0.2隻，3個月者為7.3隻。彰化地區為0.1隻，1個月者為0.4隻，2個月者為0.8隻，3個月者為1.7隻，4個月者為12.5隻。南投地區為0.2隻，1個月者為0.7隻，2個月者為2.0隻，3個月者為5.8隻，4個月者為62.7隻。

在調查之25處空倉中，僅7處倉庫為水泥鋼筋構造，其餘均係蓋石棉瓦或文化瓦之平面倉庫，構造形式均極相似，但在不同構造之倉庫與害蟲發生密度有密切關係，而舊有倉庫屋頂均蓋文化瓦，屋架為木造，雖然部份加設天花板，在木質部均可見蟲蛀孔，且倉地下通氣孔內遺留稻穀中害蟲潛藏密度一般都較新近建造現代化水泥鋼筋者為高。然因建造年代不同，儲穀期間互差，遭受害蟲危害程度亦不相同。就各倉庫掃得之害蟲種類，數量均呈極大之差異，以此掃集害蟲方法對潛伏於倉庫牆壁縫隙，通風管道等隱蔽場所無法採得，故表1中所列數字可能較空倉內實際害蟲種類及數量為低。總之，倉庫內潛伏之害蟲為日後危害稻穀之來源，故空倉在貯藏前應作澈底之殺蟲處理。

一般倉庫因實際需要而以稻穀加工後之穀殼搬入倉庫內，鋪放倉庫地面或將之盛入 PE 袋後平鋪約 10cm 之厚度由本調查發現，穀殼內確實潛伏多種害蟲為過去未被注意者，如任其搬入倉庫，即可加速害蟲之發生。故建議穀殼在搬入倉庫前，應作適當處理，以杜絕此一蟲源。

另在33處新進之稻穀樣品中，僅有5處樣品內發現害蟲，故害蟲隨新穀入倉之可能性較少，且就自倉庫害蟲之生活習性觀之，此5處樣品之害蟲可能潛伏於盛穀麻袋而帶入者，在短期儲藏期間害蟲由倉庫內侵入。為了澈底預防害蟲之危害損失，不論倉庫條件之優劣，在新穀進倉應同時立即施藥處理。唯此才能達到全面治蟲之要求。

參考文獻

1.梁崇仁、陳德能、林櫕。1954。臺灣稻穀貯藏之現狀及積穀害蟲為害損失量之調查。科學農業2（8）：34～40。
2.林　櫕。1968。積穀害蟲與益蟲之調查（一）。農業研究17（3）··39～45。

The Source of Inects Occurrence of Stored Rice Grain[1]

Tsung Lin and Chin Hsia Li[2]

Summary

An average of 436.6 insects with 2.7 % alive were collected within 1M^2 floor area in 25 empty warehouses. Twenty species of insects were found : i. e,, *Sitophilus oryzae, zeamais, Rhizopertha dominica, Tribolium castaneum, Gnathocerus maxillosus, Latheticus oryzae, Alphitobius diaperinus, Palorus foveicollis, Tenebroides mauritanicus, Lophocateres pusillus, Oryzaephilus surinamensis, Laemophloeus ferrugineus, Murmidius ovalis, Carpophilus obsoletus, Trogoderma granarium, Trinodes rufescens, Anthrenus* sp., *Thorictodes heydeni, Gibbium psyllioides, Sitotroga cerealella.*

Twenty eight samples of rice husk which was spread on the floor of warehouses contained averagely 29.5 insects per liter of sample, among them, 4.7% were alive. They were *S. oryzae, R. dominica, T. castaneum. G. maxillosus, L. oryzae, T. mauritanicus, L. pusillus, O. surinamensis, L. ferrugineus,* T. granarium. *M. ovalis, S. cerealella.*

Surveyed from 33 warehouses, 1Kg newly stored grain contained averagely 0.7 insects with 80.7% alive. the insects wers *R. dominica, T. castaneum, G. maxillosus, L. ferrugineus.* 0.3 insects including *S. oryzae* and *R. dominica* were emerged from the preserved samples. Grain stored for 1 month contained 0.4 insects with 77.8% alive, they were *S. oryzae, R. dominica, T. castaneum, L. pusillus, L. ferrugineus, O. surinamensis.* 1.0 insect including *S. oryzae, R. dominica, T. castaneum, L. ferrugineus, O. surinamensis, S. cerealella,* were emerged from the preserved samples. Grain stored for 2 months contained 0.7 insects with 66.8% alive, they were *S. oryzae, R. dominica, T. castaneum, L. pusillus, O. surinamensis.* 1.0 insect including *S. oryzae, R. dominica L. ferrugineus, S. cerealella* were emerged from the preserved sampled. Grain stored for 3 months contained 1.4 insects with 92.7% alive, they were *S. oryzae,* R. *dominica, T. castaneum, L. ferrugineus, O. surinamensis.* 4.9 insects incloding *S. oryzae, R. dominica, T. castaneum, L. pusillus, S. cerealella* were emerged from the preserved samples. Grain stored for 4 months contained 3.9 insects with 79.4% alive, they were *S. oryzae, R. dominica, T. castaneum, L. pusillus, L. ferrugineus.* 37.6 insects including *S. oryzae, R. dominica, T. castaneum, L. ferrugineus, S. cerealella* were emerged from the preserved samples.

1. Contribution no. 1192 from the Taiwan Agricultuair Research Institure.

2. Research Assisyant and project Assistant, respectively, Department of Applied Zoology, TARI. Wufeng, Taichung Hsien , Taiwan 431 ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）33(4)：437～446（1984）

臺灣蚜繭蜂科(膜翅目)屬之系統[1]

周樑鎰[2]

摘要：爲探討臺灣蚜繭蜂之系統，文中採用了 24 種特徵，每種特徵依推測之祖先形質與子孫形質分別定爲 0 與 1 兩象，並配合 $S_{OK} \times n$ 與 SCD 之分析，再以 $S_{OK} \times n$ 與 SCD 之值，利用 UPGMA 聚類方法，將臺灣蚜繭蜂屬之系統以分歧圖表示出來。以 r_{CS} 之值而言，$S_{OK} \times n$ 之分析（$r_{CS}=0.9036$）優於 SCD 之分析（$r_{CS}=0.7987$）。但因文中尚未採用胚胎學與解剖學等特徵，因此本文提出之分歧圖似尚可改良。

蚜繭蜂科（Aphidiidae）乃由擬小繭蜂（Braconid-like）之祖先進化而來，而與小繭蜂科（Braconidae）之優繭蜂亞科（Euphorinae）親緣最接近。該科與小繭蜂科之區別爲腹部第二與第三節間可活動，與姬蜂科（Ichneumonidae）之區別爲前翅僅具第一逆走脈。將蚜繭蜂視爲科，方便之理由遠大於進化史之理由[7]；且目前仍有學者將其視爲小繭蜂之一亞科[2,25]。

蚜繭蜂乃蚜蟲最主要之寄生性天敵，除少數黃小蜂科（Aphelinidae）外，沒有其他類可以和蚜繭蜂相抗衡。又因蚜繭蜂僅寄生於常蚜總科（Aphidoidea），而不寄生於球蚜總科（Adelgoidea），顯示當此二總科分開後，蚜繭蜂才適應寄生於蚜蟲，此時約在上侏羅紀（Upper Jurassic）以前[17]。由蚜繭蜂之地理分布顯示大部分之種類和溫帶—亞熱帶相關連，且大部分棲息於落葉森林及大草原，針葉林亦有很多種類，但和前者沒有明顯之關連，而熱帶森林種類很少且爲很特化之寄生蜂相，寄生於熱帶蚜蟲[17]。

目前已發現之蚜繭蜂化石，最早爲第三世（Tertiary）之漸新紀（Oligocene），共有25種，分隸於12屬；而其屬之組成與現存者相當不同，但其中之 *Ephedrus* 屬繁延至今變化較少[17,18]。蚜繭蜂之化石種類，觸角節數較少，平均 15 節；前翅徑脈長，徑室幾乎完整，中脈通常到達翅緣；前伸腹節常平滑，很少有中央室或脊起；第一腹節背板大部分短而寬；產卵管鞘沒有特別適應之構造；而目前種類之觸角節數較多，約20節，有些屬更多，且較長而細；翅脈常退化；前伸腹節平滑，或有明顯之中央室或脊起；第一腹節背板大部分較細長；產卵管鞘有特別適應之構造。

雖然有一些蚜繭蜂之種類已達到高程度之分化，但很明顯的亦有些種類仍處於快速種形成時期[8]。Mackauer 將蚜繭蜂分爲 3 亞科，3 族，7 亞族[7]；但 Stary 認爲將蚜繭蜂再予細分是人爲的，因爲很多屬均需提昇至更高之分類單位（Taxonomic unit）[17]。如果單獨採用某特別之特徵，而不考慮其他之特徵，其結果亦是人爲的，因爲利用不同之特徵於羣聚蚜繭蜂之屬，其結果有很大之差異，因此必須採用綜合之特徵來分類[17]；即使雌性外性器與結繭化蛹之方式爲研究蚜繭蜂進化很重要之參考資料，亦不能單獨使用[19,20]。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1193 號。

2.本所應用動物系助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

Mayr 認爲分歧分類（Cladistic）與表型分類（Phenetic）合併使用可得較好之結果[9]，且 Okada 已使用此兩種方法於果蠅科（Drosophilidae）之分類[13]。本文亦首次嘗試以此兩種方法，建立蚜繭蜂屬之分歧圖，以爲羣聚蚜繭蜂屬之參考。

材料與方法

從分布於臺灣之 19 屬與亞屬蚜繭蜂找出 24 種特徵(表 1)，每種特徵依推測之祖先形質（Plesiomorphy）與子孫形質（Apomorphy），分別定爲 0 與 1 兩象（表 2）。各屬與亞屬之特徵定碼後，分

表 1. 蚜繭蜂各屬用於計量之兩象特徵（0，祖先形質；1，子孫形質）

Table 1. Characters used in proximity analysis of taxa of Aphidiidae (0, Plesiomorphous ; 1, Apomorphous)

1. 觸角節數雌雄相等（0）；或不相等（1）。
2. 觸角絲狀（0）；或念珠狀（1）。
3. 前翅肘脈完整（0）；或部分至全部缺失（1）。
4. 前翅具第一肘間横脈（0）；或不具（1）。
5. 前翅具第二肘間横脈（0）；或不具（1）。
6. 前翅具逆走脈（0）；或不具（1）。
7. 前翅徑脈到達翅緣（0）；或不達翅緣（1）。
8. 後翅中脈發達（0）；或退化（1）。
9. 具盾縱溝（0）；或不具盾縱溝（1）。
10. 前伸腹節顯著横寬（0）；或前伸腹節近似方形（1）。
11. 前伸腹節具脊起（0）；或平滑（1）。
12. 前伸腹節不具側縱脊（0）；或具側縱脊（1）。
13. 腹柄節之長明顯短於寬（0）；或明顯長於或等於寬（1）。
14. 腹柄節不具次生瘤（0）；或具次生瘤（1）。
15. 腹柄節前側區不具規則脊起（0）；或具規則脊起（1）。
16. 產卵管鞘直伸，或微向上彎（0）；或向下彎（1）。
17. 產卵管末端槍尖形（0）；或尖銳（1）。
18. 第二產卵管基片寬多邊形（0）；或細長形（1）。
19. 不具腹刺突（0）；或具腹刺突（1）。
20. 腹刺突出自腹部最後一節腹板末端（0）；或出自基端（1）。
21. 體不具豎起之長毛（0）；或具豎起之長毛（1）。
22. 在蚜蟲體內化蛹（0）；或體外化蛹（1）。
23. 羽化孔位置在僵蚜蜜管之下方（0）；或上方（1）。
24. 羽化蓋完整（0）；或具一些不規則之部分（1）。

別以修正之 Okada 相似係數，$S_{OK} \times n = 2n_{JK} + n_{jk}$(其中 n 爲特徵數，$n_{jk}$ 爲祖先共同形質(Symplesiomorphy)之特徵數，n_{JK} 爲子孫共同形質(Synapomorphy)之特徵數，與 SCD(Sum of character differences) 之分析，再以 $S_{OK} \times n$ 與 SCD 之值，利用 UPGMA (Unweighted pair-group method using arithmetic averages) 聚類方法作分歧圖 (Cladogram)。並以 $\sum^{n} a \times 100/n$ 之公式求子孫形質特徵指數 (Apomorphous character index)[1] (其中 a 爲子孫形質特徵數)。

表 2. 特徵×分類單元模型表

Table 2. Characters (n) ×taxa (t) matrix.

特徵 Characters (n)	分類單元 Taxa (t)																		
	Ephedrus	*Toxares*	*Praon*	*Parapraon*	*Paraphidius*	*Pauesia*	*Diaeretus*	*Archaphidus*	*Aphidius*	*Diaeretellus*	*Diaeretiella*	*Lysiphlebia*	*Aclitus*	*Falciconus*	*Monoctonus*	*Lipolexis*	*Trioxys*	*Binodoxys*	*Fissicaudus*
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
6	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1
7	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
11	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	NC	NC	1	1	0	0	0	0	0	0	NC	0	0	0	0	0	0
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
17	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1
18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
20	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0	0	1
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
22	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	1	NC	NC	1	1	1	(1)[a]	1	(1)[a]	1	1	1	0	0	NC	0	0	0
24	0	0	NC	NC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
子孫形質特徵指數 Apomcrphous character index	8.7	30.4	40.0	45.0	39.1	43.5	52.2	30.4	39.1	43.5	47.8	39.1	50.0	39.1	43.5	54.5	54.2	58.3	62.5

a : Presumed. NC : No comparison.

表 3. 由 $S_{OK}\times n$ 相似係數(下三角形)及 SCD 特徵差異和(上三角形)之分析所得之分類單元×分類單元模型表

Table 3. A t×t matrix is produced by means of proximity analysis using $S_{OK}\times n$ (lower triangular) and SCD (upper triangular).

	Ephedrus	*Toxares*	*Praon*	*Parapraon*	*Paraphidius*	*Pauesia*	*Diaeretus*	*Archaphidus*	*Aphidius*	*Diaeretellus*	*Diaeretiella*	*Lysiphlebia*	*Aclitus*	*Falciconus*	*Monoctonus*	*Lipolexis*	*Trioxys*	*Binodoxys*	*Fissicaudus*
Ephedrus	×	5	6	7	7	8	10	5	7	8	9	7	11	7	8	10	11	12	12
Toxares	20	×	8	9	8	7	9	6	8	9	10	8	10	6	5	8	8	9	9
Praon	16	15	×	1	5	6	7	6	6	5	6	6	10	7	8	7	9	10	10
Parapraon	15	14	27	×	6	7	6	7	7	6	5	5	11	8	9	6	8	9	9
Paraphidius	18	19	20	19	×	1	5	4	2	3	4	2	7	4	5	6	8	9	9
Pauesia	17	21	19	18	31	×	6	5	3	4	5	3	6	5	4	7	7	8	8
Diaeretus	15	18	19	21	16	25	×	5	5	4	3	3	11	5	6	3	5	6	6
Archaphidus	20	21	18	17	25	24	25	×	4	5	6	4	10	6	7	8	10	11	11
Aphidius	18	19	19	18	29	28	26	25	×	1	2	2	8	4	5	6	8	9	9
Diaerctellus	17	18	21	20	28	27	28	24	31	×	1	3	9	5	6	5	7	8	8
Diaeretiella	16	17	20	22	27	26	30	23	30	32	×	2	10	6	7	4	6	7	7
Lysiphlebia	18	19	19	21	29	28	29	25	29	28	30	×	8	4	5	4	6	7	7
Aclitus	13	16	14	13	21	23	17	16	20	19	18	21	×	8	7	10	10	11	11
Falciconus	18	22	18	17	26	25	26	22	26	25	24	26	20	×	1	3	4	5	5
Monoctonus	17	22	17	16	25	27	25	21	25	24	23	25	22	31	×	4	3	4	4
Lipolexis	14	19	19	21	23	22	29	19	23	25	27	26	17	28	27	×	3	4	4
Trioxys	13	21	17	19	22	24	28	18	22	24	26	25	19	28	30	31	×	1	2
Binodoxys	13	20	16	18	21	23	27	17	21	23	25	24	18	27	29	30	36	×	1
Fissicaudus	13	20	16	18	21	23	27	17	21	23	25	24	18	27	29	30	35	37	×

結果與討論

依據表 2 所列之特徵×分類單元表，可知有許多不調和之特徵 (Incongruent characters) 存在，因此無法完全依據 Hennig 之分類單元系統 (Monophyly) 之觀念繪出一滿意之分歧圖。現僅就表 2 之資料，並參考 Mackauer[7] Stary[17], Takada[23] 及 Takada & Shiga[24] 之觀念繪一系譜圖 (Dendrogram) (圖 1)，以表示出屬間可能之關係。

以 $S_{OK}\times n$ 與 SCD 之值，利用 UPGMA 聚類方法繪出之分歧圖如圖 2、3 所示；二者間存在著些微之差異，且二者之 r_{CS} 值分別爲 0.9036 與 0.7987；以本文之例子顯然以圖 2 較爲理想。亦即考慮子孫共同形質與祖先共同形質，較單純之特徵差異和爲優。而且圖 2 之 r_{CS} 值落於 Fisher 所主張之優良值 0.85－0.95[5] 之範圍內。另一方面此圖頗接近圖 1 所示之傳統經驗的分類法，因此圖 2 可以說尚稱理想。

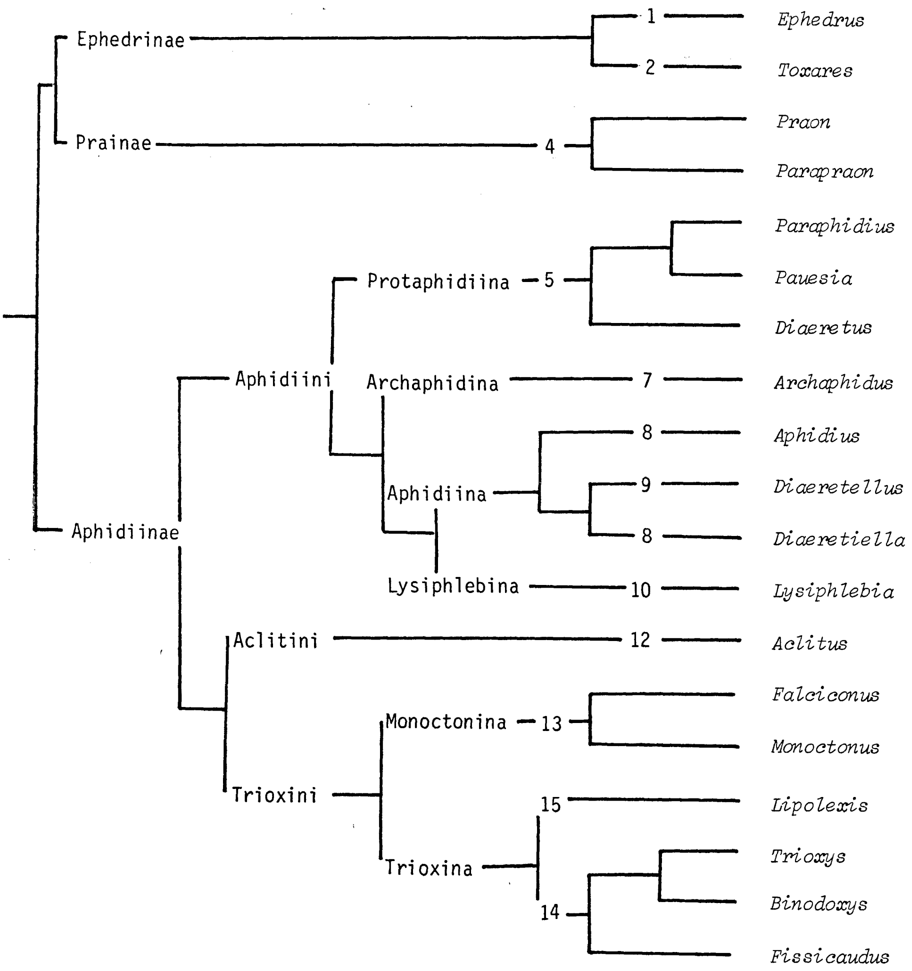


圖 1. 臺灣蚜繭蜂科之系譜圖。亞科，族及亞族乃 Mackauer (1968) 所採用者，而阿拉伯數字乃 Stary (1970) 所採用之屬羣代號。

Fig. 1. A dendrogram of possible relationship in the Aphidiidae of Taiwan. The taxa above generic rank are adopted by Mackauer (1968). The Arabic numbers are groups of Stary (1970).

Crovello 認爲 r_{CS} 値若小於 0.95 則此 Phenogram 是値得懷疑的。依此標準，則圖 2 尙有頗多缺失；事實上因圖 2 尙未利用胚胎學，解剖學及雄性外性器等特徵，且 Stary 亦認爲目前所選用之成蟲外部形態特徵有聚集進化 (Convergence) 之現象 (17)。因此對蚜繭蜂之各類特徵有充分之瞭解後，定可建立更理想之分歧圖。

Sneath & Sokal 認爲基於所有相似性所作之羣聚是最自然之分類，且主張所用之特徵數應在60以上 (15)；但 Schuh & Polhemus 則不同意此看法 (14)。筆者亦認爲經由特徵分析，而對特徵有充分之瞭解後，不必選用太多之特徵即可建立一合理之系譜圖。

Sneath & Sokal 亦認爲計量分類之目標乃在建立一客觀的，可重複的及明確的方法於分類研究，但有些學者表示不同之意見 (9,10,14)，至少此目標在目前尙未達到。以本文爲例，相同之特徵以不同之方法分析，其結果不同；而且以不同之特徵，用相同之方法分析，其結果亦異。例如以表 2 之資料

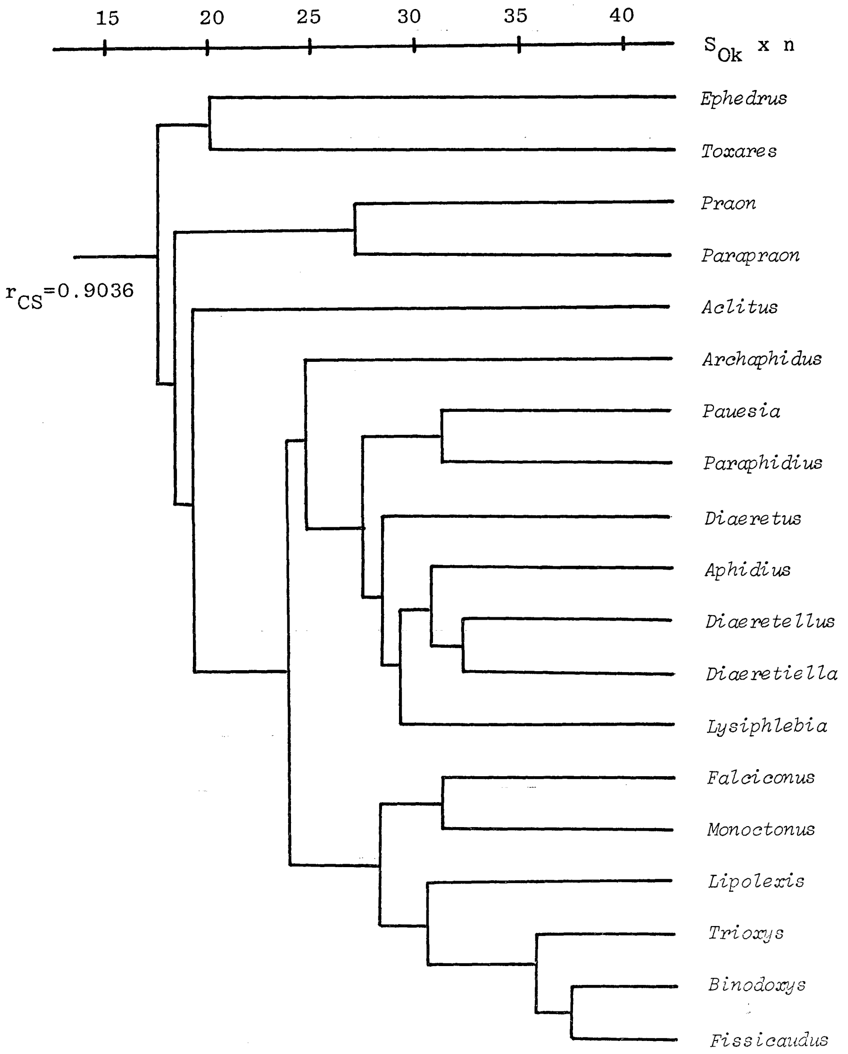


圖 2. 由 $S_{OK}\times n$相似係數及 UPGMA 聚類方法建立之臺灣蚜繭蜂科分歧圖。r_{CS} 乃原始之特徵×分類單元與衍生之分類單元×分類單元之相關係數。

Fig. 2. A cladogram of taxa of Aphidiidae of Taiwan, obtained by $S_{OK}\times n$ proximity analysis and UPGMA cluster analysis. r_{CS}, cophenetic correlation coefficient between original n×t matrix and derived t×t matrix.

除去特徵15，再作 $S_{OK}\times n$ 與 UPGMA 分析，則其結果(圖 4)與圖 2 亦不同(*Aphidius, Diaeretellus, Diaeretiella* 及 *Lysiphlebia*)，此乃因腹柄節前側區具規則脊起爲 *Aphidius, Diaeretellus* 及 *Diaeretiella* 共同之子孫形質。Stary 將 *Diaeretellus* 視爲獨立之羣 (Group)，筆者認爲並沒有足够之理由，因此如本文所示（圖 2 ），應將 *Aphidius, Diaeretellus* 及 *Diaeretiella* 視爲一羣，雖然以前翅翅脈之觀點而言，呈逐漸減少 (Reduction) 之趨勢。事實上蚜繭蜂之翅脈在很多羣均出現減少之情形。

Lipolexis, Trioxys, Binodoxys 及 *Fissicaudus* 羣聚之情形在圖 1 與 2 均相同；但 Stary 將 *Lipolexis* 視爲獨立之一羣，其餘三者視爲一羣 (17)；而 Mackauer 則視四者爲一個一亞族 (7)

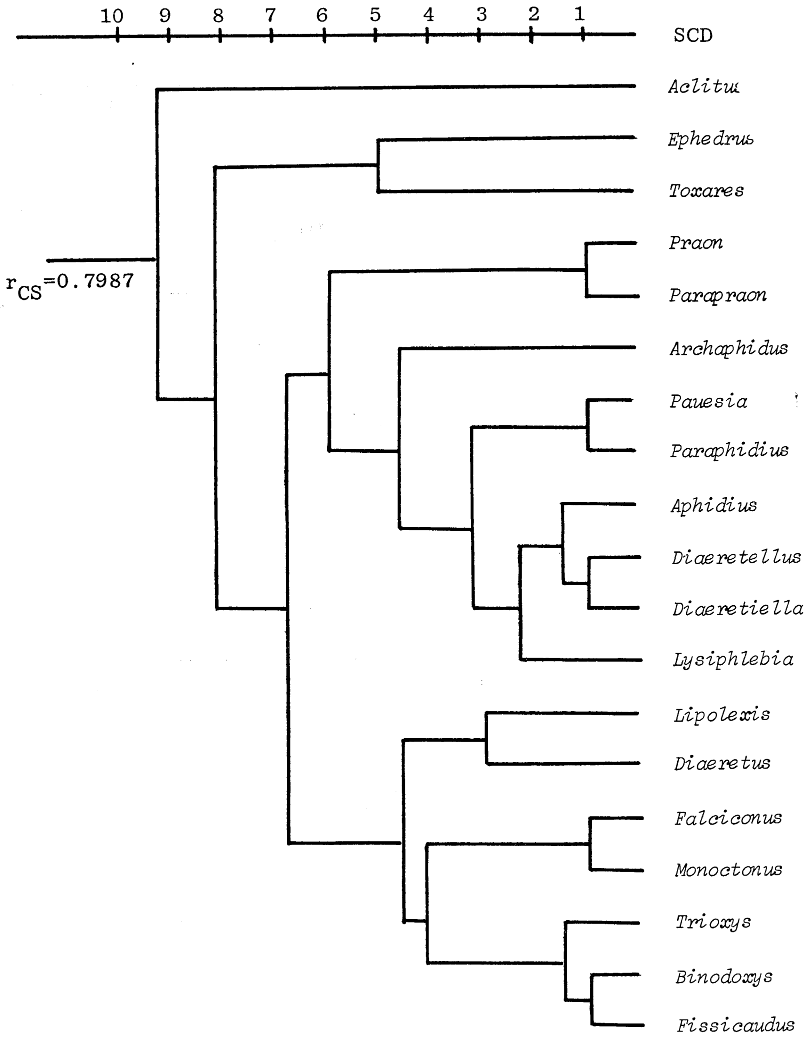


圖 3. 由 SCD 特徵差異和及 UPGMA 聚類方法建立之臺灣蚜繭蜂科分歧圖。
r_{CS} 乃原始之特徵×分類單元與衍生之分類單元×分類單元之相關係數。

Fig. 3. A cladogram of taxa of Aphidiidae of Taiwan, obtained by SCD proximity analysis and UPGMA cluster analysis. r_{CS}, cophenetic correlation coefficient between original n×t matrix and derived t×t matrix.

。因爲 *Lipolexis* 之羽化蓋具不規則之部分，乃非常特殊之屬，其餘 3 屬具共同之子孫形質一 腹 刺突，因此以 Stary 之分類法較爲合理。

Stary & Schlinger 將 *Trioxys* (s. str.), *Binodoxys* 及 *Fissicaudus* 等亞屬均隸於 *Trioxys* [22]，而 Mackauer 則認爲 *Trioxys* 與 *Binodoxys* 均爲獨立之屬，而視 *Fissicaudus* 爲 *Binodoxys* 之亞屬 [7]，而 Stary 於1981則將 *Fissicaudus* 視爲獨立之屬，而 *Binodoxys* 仍視爲 *Trioxys* 之亞屬 [21]。如表 2 所示，此三者有不調和之特徵，亦即 *Binodoxys* 腹柄節具次生瘤而與 *Fissicaudus* 相似，但其腹刺突出自腹部最後一節腹板基端而與 *Trioxys* 相似。若再分析全世界之

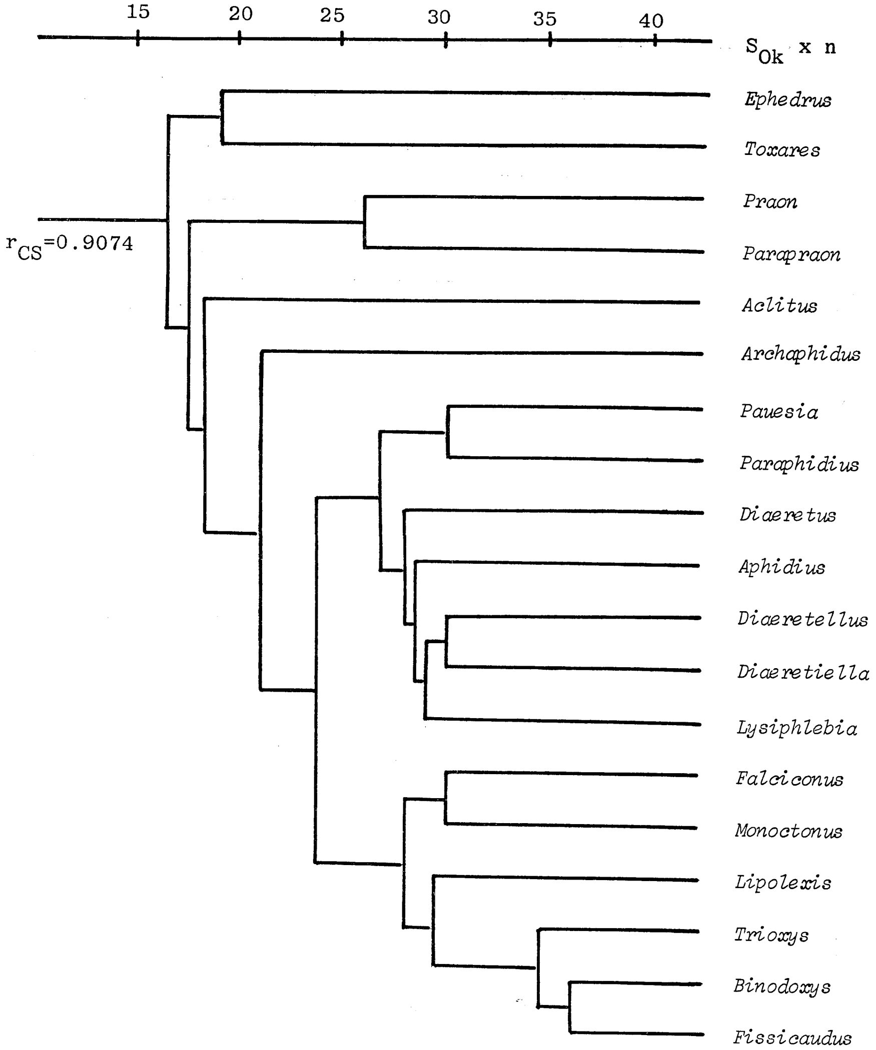


圖 4. 由 $S_{OK}\times n$ 相似係數及 UPGMA 聚類方法建立之臺灣蚜繭蜂科分歧圖（但未採用表2之特徵15）。r_{CS} 乃原始之特徵×分類單元與衍生之分類單元×分類單元之相關係數

Fig. 4. A cladogram of taxa of Aphidiidae of Taiwan, obtained by $S_{OK}\times n$ proximity analysis and UPGMA cluster analysis (character 15 in the table 2 is excluded). r_{CS}, cophenetic correlation coefficient between original $n\times t$ matrix and derived $t\times t$ matrix.

蚜繭蜂屬，可知具腹刺突（特徵19，子孫共同形質）之屬分類羣有 *Acanthocaudus*, *Betuloxys*, *Binodoxys*, *Bioxys*, *Cristicaudus*, *Fissicaudus* 及 *Trioxys*。其中僅 *Binodoxys* 被 Stary 視爲亞屬，因爲只有 *Trioxys* 與 *Binodoxys* 之腹刺突是相同形式。但筆者認爲這些屬可能是由於輻射適應（Adaptive radiation）之結果，衡量具腹刺突之分類單元，筆者認爲亦應將 *Binodoxys* 視爲屬。

Aclitus 乃爲了適應寄生根蚜，因此是很特殊之一屬。 *Archaphidus* 之產卵管鞘與前翅翅脈亦爲很獨特之一屬。而以子孫形質特徵指數之觀點而言 *Ephedrus* 乃最原始之屬。

結　論

以本文所建立之分歧圖而言，$S_{OK} \times n$ 較 SCD 爲優。以相同之特徵，不同之分析方法；或不同之特徵，相同之分析方法，其結果常是相異的，但眞正之分歧圖應該只有一個。因此重建眞正之系統發生（Phylogeny）乃分類學者之最終目標。當有不協調之情形發生時，必須研究其個體發生（Ontogeny），外羣比較（Out group comparison），生物地理學等[4,26]。而目前蚜繭蜂許多屬之胚胎學，解剖學等均尙未明瞭，也因此尙未能建立理想之分歧圖。但筆者認爲以 $S_{OK} \times n$ 值與 UPGMA 之方法建立蚜繭蜂之分歧圖是可行的。因爲 Schuh & Polhemus 認爲 Wagner 之 Unrooted phenogram 方法較 UPGMA 爲優[14]，因此日後應再比較以 Wagner 之方法建立之分歧圖。

誌　謝

本文承中央研究院動物研究所林飛棧教授之指導，謹此致最誠摯之謝忱。

引用文獻

1. Achterberg, C. van. 1975. A revision of the tribe Blacini (Hymenoptera : Braconidae : Helconinae). Tijdschr. ent., 118 (7) : 159-322.
2. Achterberg, C. van. 1976. A preliminary key to the subfamilies of the Braconidae(Hymenoptera). Ibid., 119 (3) : 33-78.
3. Crovello, T. J. 1968. The effect of alteration of technique at two stages in a numerical taxonomic study. Univ. Kans. Sci. Bull., 47 : 761-786. (See Moss & Hendrickson, 1973).
4. Eldredge, N. & J. Cracraft. 1980. Phylogenetic patterns and the evolutionary process. Columbia University Press. New York. 349pp.
5. Fisher, D. R. 1968. A study of faunal resemblance using taxonomy and factor analysis. Syst. Zool., 17 : 48-63.
6. Hennig, W. 1966. Phylogenetic systematics. Universtiy of Illinois Press, Urbana, Ill., 263pp.
7. Mackauer, M. 1968. Aphidiidae, Pars 3. Hymenopterorum Catalogus. Dr. W. Junk, b. v. The Hague. 103pp.
8. Mackauer, M. & P. Stary. 1967. Hym. Ichneumonoidea. World Aphidiidae. *In* Delucchi, V. & Remaudiere, G. (Eds.) : Index of entomophagous insects. Le Francois, Paris. 195pp.
9. Mayr, E. 1969. Principles of systematic zoology. McGraw-Hill, New York. 428pp.
10. Minkoff, E. C. 1965. The effects on classification of slight alternations in numerical technique. Syst. Zool., 14 : 196-213.
11. Moss, W. W. & J. A. Hendrickson, Jr. 1973. Numerical taxonomy. Ann. Rev. Ent., 18 : 227-258.
12. Okada, T. 1970. A faunal analysis of the Drosophilids at genus level centering around New Guinea. Kontyu, 38 (3) : 187-194.
13. Okada, T. 1980. Synhospitalic evolution of the genus *Drosophilella* Duda (Diptera : Drosophilidae), with description of a new species from Okinawa and Taiwan. Kontyu, 48 (2) : 218-225.
14. Schuh, R. T. & J. T. Polhemus. 1980. Analysis of taxonomic congruence among morphological, ecological, and biogeographical data sets for the Leptopodomorpha (Hemiptera). Syst. Zool., 29 (1) : 1-26.
15. Sneath, P. H. A. & R. R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy. W. H. Freeman, San Francisco, California, 573pp.
16. Stary, P. 1966. Aphid parasites of Czechoslovakia. Academia, Praha & Dr. W. Junk, b. v. The

Hague. 242pp.
17. Stary, P. 1970. Biology of aphid parasites (Hymenoptera : Aphidiidae) with respect to integrated control. Ser. ent. 6, Dr. W. Junk, b. v. The Hague. 634pp.
18. Stary, P. 1973. A revision of fossil Aphidiidae (Hymenoptera). Annot. Zool. Bot., 87 : 1-22.
19. Stary, P. 1974. The emergence hole of aphid parasites (Hymenoptera : Aphidiidae) : its significance in a natural system. Acta ent. bohemoslov., 71 (4) : 209-216.
20. Stary, P. 1976. External female genitalia of the Aphidiidae (Hymenoptera). Ibid., 73 (2) : 102-112.
21. Stary, P. 1981. Biosystematic classification of *Trioxys* and related genera. Boll. Lab. Ent. Agr. "F. Silvestri", 38 : 85-94.
22. Stary, P. & E. I. Schlinger. 1967. A revision of the Far East Asian Aphidiidae (Hymenoptera). Ser. ent. 3, Dr. W. Junk, b. v. The Hague. 204pp.
23. Takada, H. 1968. Aphidiidae of Japan. Ins. Mats., 30 (2) : 67-124.
24. Takada, H. & M. Shiga. 1974. Description of a new species and notes on the systematic position of the genus *Aclitus* (Hymenoptera : Aphidiidae). Kontyu, 42 (3) : 283-292.
25. Tremblay, E. 1981. Le armature genitali maschili degli Aphidiinae (Hymenoptera : Braconidae). Boll. Lab. Ent. Agr. "F. Silvestri", 38 : 251-263.
26. Wiley, E. O. 1981. Phylogenetics. John Wiley & Sons. New York, 439pp.

The phylogeny of Aphidiidae (Hymenoptera) of Taiwan[1]

Liang-yih Chou[2]

Summary

To find the systematic relationship of the 19 genera and subgenera of the Aphidiidae of Taiwan, using 24 characters, each coded 0 and 1 according to presumed plesiomorphism and apomorphism, respectively, are put in analysis. Proximity analysis by means of SCD(sum of character difference)and of $S_{OK} \times n$ (modified similarity coefficient of Okada, 1970) and cluster analysis by UPGMA (unweighted pairgroup method using arithmetic averages) are adopted. The CPCC (cophenetic correlation coefficient)between the original t×t table and the matrix derived from cladogram is higher in $S_{OK} \times n$ (r_{CS}= 0.9036) than in SCD (r_{CS}=0.7987) analysis. Consequently, at least for constructing a phyletic cladogram it can be suggested that the $S_{OK} \times n$ analysis is superior to SCD analysis.

1. Contribution No. 1193 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Assistant Entomologist of the Deparment of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.

中華農業研究

第三十三卷　目　次

王清玲、林瑞桐——銷日菊花害蟲檢疫前處理—燻蒸法與燻煙法之利用…… 88
王清玲、林瑞桐——銷日菊花害蟲檢疫處理—田間套袋與浸漬法之利用…… 325
王强生、曹文隆、劉大江——大豆植株乾物質之累積與分布…… 117
王强生、魏夢麗、劉大江——大豆植株營養要素之累積與分布　I．全生育期非構造性碳水化合物與氮素濃度之變化…… 247
王强生、魏夢麗、劉大江——大豆植株營養要素之累積與分布　II．全生育期磷、鉀與鎂之濃度變化…… 377
沈再發——日夜溫度變化和高溫對蘿蔔離春化之影響（英文）…… 132
邱善美、胡敏夫——甜高粱品種秋植與宿根生育特性比較…… 372
呂鳳鳴、李錫山——小菜蛾生活史之觀察…… 424
周桃美、高靜華、鄭　允——十字花科蔬菜三種鱗翅目害蟲抗藥性之探討（英文）…… 331
周樑鎰——臺灣蚜繭蜂科（膜翅目）屬之系統…… 437
林錫錦——水田及水稻根部微生物固氮之研究…… 44
林禮輝——瓊麻濃縮葉蛋白之抽取試驗…… 159
林　欉、李錦霞——稻穀貯藏害蟲發生來源調查…… 431
林益昇、沈懷德、汪碧涵——臺灣豌豆根腐及萎凋病（英文）…… 395
林茂盛、陳美華、張瑞明——二氧化硫為害臺灣重要作物徵狀診斷研究…… 153
陳美華——二氧化硫對作物細胞構造之影響…… 387
陳治官、黃眞生——疊氮化鈉對水稻臺農67號之誘變效應…… 345
陳駿季、蔡新聲——水稻不同次位分蘖、穗位及枝梗間花葯培養癒傷組織之形成…… 354
温宏治、李錫山——百香果主要害蟲及害蟎發生調查…… 81
曾東海、鄧耀宗——水稻粒型對稻米市場品質之影響…… 95
黃明輝——稻田土壤還原電位之檢定及用於水分管理之研究…… 265
黃秋雄、蔡梅玉、王清玲——木蝨媒介傳播柑桔立枯病之研究（英文）…… 65
黃眞生、卜瑞雄、陳正昌——秈稻雜種品種及其產量潛力（英文）…… 1
葉忠川——玉米銹病判別與抗病篩選…… 306
楊一郎、葉坤池——番茄抗南方根瘤線蟲品種篩選…… 316
楊一郎、陳脉紀、曾德賜——細花野牽牛簇葉病之光學及電子顯微鏡觀察…… 53
廖英明——低海拔香菇品系之育種…… 292
蔡金川——水稻葉面積指數與產量之關係…… 109
蔡新聲、陳良築——低溫處理及液體培養對水稻花葯癒傷組織形成之效果…… 24
蔡新聲、許家言、楊翠蘋、楊昭容——百香果的花葯培養…… 126
鄭　允、周桃美、高靜華——小菜蛾抗葯性之研究　V．抗美文松品系誘發之交互性及Glutathione-S-transferase 活性變化情形…… 73
鄭　允、高靜華、周桃美——Thiazoles—適用於防治抗藥性小菜蛾之新殺蟲劑（英文）…… 418
鄭慶生——殘株敷蓋方式對土壤性質及鳳梨生育影響之研究（1）…… 141
錢景秦、周樑鎰、邱瑞珍——三紋螟蛾（*Hedylepta indicate*）之生物特性及其天敵…… 181
劉　清——數量性狀之基因頻度與遺傳變異（英文）…… 223
劉政道——水芋種植密度對產量之影響…… 38
劉慧瑛——溫度與照度對螺旋藻生長速率、生理與生化性質之影響…… 276
劉慧瑛、李蘭帝——利用家用電腦控制儀器分析之軟體設計　I．紫外—可見光掃描式分光光度計…… 206
劉新裕、梁純玲、陳廷煥——甜高粱生質產量、莖汁品質與酒精生成潛力之研究（英文）…… 236
簡錦忠——露期對稻熱病發病之影響…… 59

簡錦忠、蔡武雄、楊涌祚、劉　淸——臺灣中部地區稻熱病流行之研究…… 169
簡和順、王惠亮——木瓜白粉病之田間消長與藥劑防治…… 320
顏昌瑞——沙坑種茘枝正常果及蕉核果之生長…… 257
韓青梅、莊周瑞、胡敏夫、邱善美——油瓜（*Cucurbia foetidissima* HBK）引種試驗及其種子與塊根成分分析…… 30
魏夢麗、劉大江——不同粒重水稻品種之農藝與生理性狀比較…… 363
魏夢麗、郭益全、劉大江——水稻分蘗之生理研究　Ⅱ．不同穗部容積品種的生產力比較（英文）…… 12
羅幹成、何琦琛，曾信光——草莓葉蟎之生態研究…… 337
羅幹成、曾信光、何琦琛——草莓葉蟎生物防治（１）…… 406
Henry Townes——臺灣姬蜂科模式標本名錄（英文）…… 190

JORNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

Contents of Volume 33, 1984

Chen, C. C., W. H. Tsai. Y. Z. Yang and C. Liu—Studies on the Epidermiology of Rice Blast Disease in Central Areas of Taiwan 169

Chen, M. H. —Effects of Sulfur Dioxide on Organelles of Crops 387

Chen, J. J. and H. S. Tsay—The Callus-froming Abililty of Rice Anthers Originated from Tillers Different Orders and from Spikelets of Different Positions and Branches on the Panicles 354

Cheng, C. S. —Effects of Surface and Vertical Mulching with Pineapple Stubble on Soil Properties and Pineapple Plant Growth (I) 141

Cheng, Edward Y., C. H. Kao and T. M. Chou—The Thiazoles, A New Class of Insecticide for the Control of Resistant Diamondback Moths 418

Cheng, Edward Y., Tao-mei Chou and C. H. Kao Insecticide Resistance Study in *Plutella xylostella* (L.) V. The Induction, Cross Resistance and Glutathione-S-transferase in Relation to Mevinphos-resistance 73

Chern, C. G. and C. S. Huang—Mutagenic Efficiency of Sodium Azide on Rice Variety Tainung 67 345

Chien, C. C. —Studies on the Effect of Dew Period on the Severity of Rice Blast 59

Chien, H. S. and H. L. Wang—Seasonal Incidence and Chemical of Control Powdery Mildew of Papapa in Taiwan 320

Chien, C. C., L. Y. Chou and S. C. Chiu—Biology and Natural Enemies of *Hedylepta iadicata* in Taiwan 181

Chiu, S. M. and M. F. Hu—Performances of Agronomic Characters and Biomass Yield of Sweet Sorghum in Autumn and Ratoon Plantings 372

Chou, Liang-yih—The Phylogeny of Aphididae (Hymenoptera) of Taiwan 437

Chou, T. M., C. H. Kao and Edward Y. Cheng—The Occurrence of Insecticide Resistance in Three Lepidopterous Pests on Vegetables 331

Han, C. M., J. R. Juang, M. F. Hu and S. M. Chiu—Studies on the Flowering Characteristics and Chemical Analysis of *Cucurbita foetidissima* HBK 30

Huang, M. H. —Indentification of Redox Potenials of Paddy Soils in Taiwan and Its Application to Water Management for Lowland Rice 265

Huang, C. S., R. H. Buu and C. C. Chen—Hybrid Variety of Indica Rice and Its Yield Potential 1

Huang, C. H, M. Y. Tsai and C. K. Wang—Transmission of Citrus Likubin by A Psyllid, *Diaphorina citri* 65

Liao, Ying-ming—Studies on the Breeding of Shitake-A New Strain for the Culitvation in the Low Elevation Areas 292

Lin, Chyi-jiin—Studies of the Microbial Nitrogen-fixation in Rice Roots and Rice Paddies 44

Lin, L. F. —Extraction of Leaf Protein Concentrate from Sisal (Agava sisalan) 159

Lin, Tsung and C. H. Li—The Sourse of Inects Occurrence of Stored Rice Grain 431

Lin, M. S., M. H. Chen and J. M. Chang—Research on SO_2 Injury to Important Crops of Taiwan 153

Lin, Y. S., W. Sun and P. H. Wong—Fusarium Root Rot and Wilt of Garden Peas in Taiwan 395

Liou, T. D. —Effect of Plant Density on the Yield of Taro in Paddy Field 38
Liu, Ching—Gene Frequency and Genetic Variability of a Metric Csaracter 223
Liu, H. I. and L. T. Lee—Program Design for Personal Compute Used as a Data Station I. UV-Vis Spectrophotometer 206
Liu, H. I. —Studies on the Effects of Temperature and Light Intentensity upon Growth Rate, Physiological and Biochemical Characteristics of *Spirulina platensis* 276
Liu, S. Y., C. L. Liang and T. H. Chen—Biomass Yield, Juice Quality and Alcohol Production of Sweet Sorghum 236
Lo, K. C., C. C. Ho and C. K. Tseng—An Ecological Study of Spider Mites on Strawberry in Taiwan 337
Lo, K. C. H. K. Tseng and C. C. Ho—Biological Control of Spider Mitea on Strawberry in Taiwan 406
Lu, F. M. and H. S. Lee—Observations the Life History of Diamondback Moth *Plutella xylostella* (L.) in Whole Year 424
Sheen, T. F.—Effect of Day and Night Temperature Variation and of High Temperature on Derernalization in Radish 132
Townes Henry—A List of the Ichneumonid Types on Taiwan (Hymenoptera) 190
Tsai, J. C. —Studies on the Relationships between Leaf Area Index and Yield in Rice Plants 109
Tsay, H. S., J. Y. Hsu, T. P. Yang and C. R. Yang—Anther Culture of Passion Fruit (*Passiflora edulis*) 126
Tsay, H. S. and L. J. Chen—The Effects of Cold Shock and Liquid Mecium on Callus Formation in Rice Anther Culture 24
Tseng, T. H. and Y. C. Teng—Effects of Grain Shape on the Market Quality of Rice 95
Wang, C. L. and R. T. Lin—Study on the Quarnatine Treatments of Insect Pests on Chrysantemum Cutflowers-Fumigation and Smoking Methods 88
Wang, C. L. and R. T. Lin—Study on the Quarantine Treatments of Insect Pests on Chrysanthemum Cutflowers-Fumigation Smoking Methods 88
Wang, C. L. and R. T. Lin—Study on the Quarantine Treatments of Insect Pests on Chrysanthemum Cutflowers-The Application of Protection Bags and the Improved Dipping Methods 325
Wang, C. S., M. L. Wei and D. J. Liu—Accumulation and Distribution of Nutrients in Soybeand I. Changes of TNC and N Concentrations during Plant Development 247
Wang, C. S., M. L. Wei and D. J. Liu—Accumulation and Distribution of Nutrients in Soybean II. Changes of P, K and Mg Concentrations during Plant Development 377
Wang, C. S., W. L. Tsaur and D. J. Liu—The Accumulation and Distribution of Dry Matter in Soybeans 117
Wei, M. L. and D. J. Liu—Comparison on Some Agronomic and Physiological Characteristics between Rice Varieties Differing in Grain Weight 363
Wei, M. L., Y. C. Kuo and D. J. Liu—Physiological Studies of Rice Tillers II. Productivity of Varieties Differing in Grain Volume 12
Wen, H. C. and H. S. Lee—The Main Insect Pests on Passion Fruit in Taiwan 81
Yang, I. L. and K. D. Yeh—Screening Tomato for the Resistance to Southern Root-Knot Nematode *Meloidogyne incognita* 316
Yang, I. L., M. L. Chen and D. S. Tzen—Light and Electron Microspcoic Observation of *Ipomoea obscura* Witches' Braom Disease 53
Yeh, C. C. —Diagnosis of Corn Rusts and Screening for Rust Resistance 303
Yeh, C. R. —Seeded and Seedless Fruits of "Sah Keng" Litchi 257

Vol. 33, No. 4 December 1984

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(*Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research*)

CONTENTS

Mutagenic Efficiency of Sodium Azide on Rice Variety Tainung 67 ············ C. G. Chern and C. S. Huang ···345
The Callus-forming Ability of Rice Anthers Originated from Tillers Different Orders and from Spikelets of Different Positions and Branches on the Panicles ············ J. J. Chen and H. S. Tsay ···354
Comparison on Some Agronmic and Physiological Characteristics between Rice Varieties Differing in Grain Weight ············ M. L. Wei and D. J. Liu ···363
Performances of Agronomic Characters and Biomass Yield of Sweet Sorghum in Autumn and Ratoon Plantings ············ S. M. Chiu and M. F. Hu ···372
Accumulation and Distribution of Nutrients in Soybean II. Changes of P, K and Mg Concentrations during Plant Development ············ C. S. Wang, M. L. Wei and D. J. Lai ···377
Effect of Sulfur Dioxide on Oranelles of Crops ············ M. H. chen ···387
Fusarium Root Rot and Wilt of Garden Peas in Taiwan ············ Y. S. Lin, W. Sun and Pei-Han Wong··· 395
Biological Control of Spider Mites on Strawberry in Taiwan ············ Kang-Chen Lo, Hsin-Kuan Tseng and Chyi-Chen Ho ···406
The Thiazoles, A New Class of Insecticide for the Control of Resistant Diamondback Moths ············ Edward Y. Cheng, Ching-hua Kao and Tou-mei Chou ···418
Observations the Life History of Diamondback Moth *Plutella xylostella* (L.) in Whole Year ············ Feng-Ming Lu and Hsi-Shan Lee···424
The Sourse of Inects Occurence of Stored Rice Grain ············ Tsung Lin and Chin-Hsia Li ···431
The Phylogeny of Aphidiidae (Hymenoptera) of Taiwan ············ Liang-yih Chou ···437

Published by

THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺誌字一四八七號
中華郵政中臺字第〇三〇九號登記為雜誌交寄